

JP 10094040 (A) -- Concise English translation of the Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a position detection method for a radio mobile station by which the position of mobile station is accurately and simply obtained. **SOLUTION:** A mobile station 101 measures a reception radio wave strength from a plurality of base stations 105, 109, 110 at a measurement point and reports the result of measurement to a control station 111 via the base stations 105, 109, 110. The control station 111 learns a correlation between the reception radio wave strength and the position of the mobile station 101 by using a neural network based on the measurement results at a plurality of measurement points and positions of the measurement points.; When the mobile station 101 reports the reception radio wave strength measured at an optional point to the control station 111, the control station 111 estimates the position of the mobile station 101 causing the measurement result based on the correlation obtained through the learning. The position of the mobile station 101 is made possible by learning the correlation between the measurement point and the reception radio wave strength.

(19)日本国特許庁（ＪＰ）

(12) 公 開 特 許 公 報（Ａ）

(11)特許出願公開番号

特開平10-94040

(43)公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 Q 7/34

G 0 1 S 5/02

識別記号

F I

H 0 4 B 7/26

G 0 1 S 5/02

1 0 6 B

Z

審査請求 未請求 請求項の数30 F D （全 33 頁）

(21)出願番号 特願平9-85526

(22)出願日 平成9年(1997) 3月21日

(31)優先権主張番号 特願平8-91867

(32)優先日 平 8 (1996) 3月22日

(33)優先権主張国 日本（ＪＰ）

(31)優先権主張番号 特願平8-212187

(32)優先日 平 8 (1996) 7月24日

(33)優先権主張国 日本（ＪＰ）

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 杉浦 雅貴

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 金谷 悦己

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 石橋 弘義

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 役 昌明 （外3名）

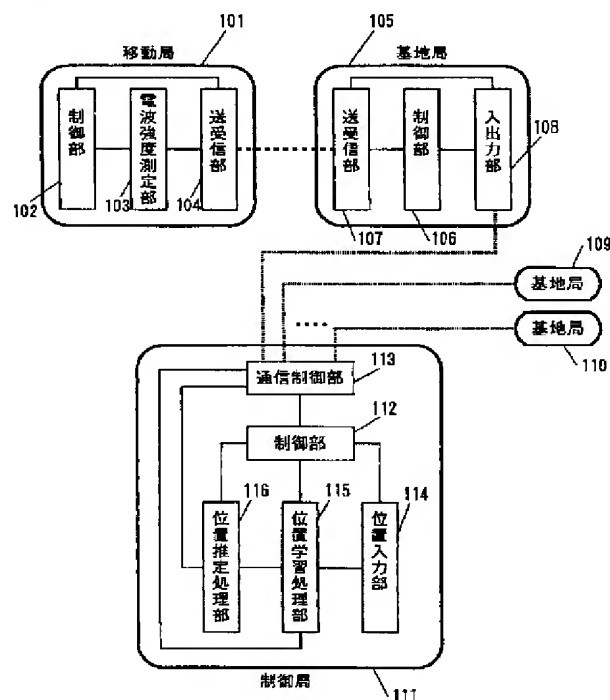
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 移動体無線通信システムとその移動局の位置検出方法

(57)【要約】

【課題】 移動局の位置を正確且つ簡単に求めることができる無線移動局の位置検出方法を提供する。

【解決手段】 移動局101が、測定ポイントにおける複数の基地局105、109、110からの受信電波強度を測定して、測定結果を基地局を通じて制御局111に伝える。制御局は、複数の測定ポイントにおける測定結果と測定ポイント位置とから、受信電波強度と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習する。移動局が任意の地点で測定した受信電波強度を制御局に伝え、制御局は、学習で得た相関関係に基づいて、その測定結果をもたらし移動局の位置を推定する。測定ポイントの位置とそこでの受信電波強度との相関関係を学習することにより、移動局の位置推定が可能になる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 移動局と基地局と制御局とを備える移動体無線通信システムの移動局の位置を検出する位置検出方法において、

移動局が、測定ポイントにおける複数の基地局からの受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、複数の測定ポイントにおける前記測定結果と前記測定ポイントの位置データとから、前記受信電波強度と前記移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し、

移動局が、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度の測定結果を基地局を通じて制御局に伝えると、

制御局が、前記学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、前記測定結果をもたらし移動局の位置を推定することを特徴とする移動局の位置検出方法。

【請求項2】 前記測定ポイントが、予め決められており、各移動局が、それぞれ自らに対応する測定ポイントで、複数の基地局からの受信電波強度を測定することを特徴とする請求項1に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項3】 前記測定ポイントが、移動局を充電する充電器の設置位置であることを特徴とする請求項1または2に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項4】 前記移動局が、前記測定ポイントの位置データと、前記測定ポイントで測定した複数の基地局からの受信電波強度とを基地局を通じて制御局に伝えることを特徴とする請求項1に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項5】 前記移動局が、同一測定ポイントまたは任意の地点において、複数の基地局からの受信電波強度を複数回にわたって測定し、これら複数の測定値に統計的处理を施して求めた単一の値を最終的な測定結果として出力することを特徴とする請求項1乃至4に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項6】 前記移動局が、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度の測定結果を基地局を通じて制御局に伝え、前記制御局が、前記学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、前記測定結果をもたらし移動局の位置を推定し、推定結果を前記移動局に伝えることを特徴とする請求項1乃至5に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項7】 前記移動局が、他の移動局の位置を問合せると、前記制御局が、前記他の移動局に対して、複数の基地局からの受信電波強度を測定して報告するように指令し、測定結果が報告されると、前記測定結果に基づいて前記他の移動局の位置を推定し、推定結果を問合せのあった前記移動局に伝えることを特徴とする請求項1乃至5に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項8】 前記制御局が、移動局の位置の推定結果

を順次記憶し、新たな測定結果に基づいて前記移動局の位置を推定したときには、推定した移動局の位置が前記移動局の過去の位置から判断して妥当か否かを判定し、妥当でなければ、前記移動局に前記測定を再度行なうように指令することを特徴とする請求項1乃至7に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項9】 前記移動局が、一定時間間隔で複数の基地局からの受信電波強度を測定し、測定結果を基地局を通じて前記制御局に伝えることを特徴とする請求項8に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項10】 前記制御局が、移動局から伝えられた前記受信電波強度を基地局と移動局との理論的距離に換算し、前記理論的距離と前記移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習することを特徴とする請求項1乃至9に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項11】 移動局と基地局と制御局とを備える移動体無線通信システムの移動局の位置を検出する位置検出方法において、

移動局が、測定ポイントにおける複数の基地局からの受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、複数の測定ポイントにおける前記測定結果と前記測定ポイントの位置データとから、前記受信電波強度と前記移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し、学習で得られた前記ニューラルネットワークのパラメータを移動局に伝え、移動局が、前記パラメータを使ってニューラルネットワークを構成し、前記ニューラルネットワークを用いて、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度を基に自らの位置を検出することを特徴とする移動局の位置検出方法。

【請求項12】 前記制御局が、前記ニューラルネットワークを用いて、前記受信電波強度と前記移動局の位置の2進表現した座標値との相関関係を学習することを特徴とする請求項1乃至11に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項13】 前記制御局が、前記ニューラルネットワークとして、出力層ノード間に測定地点の構造を反映した相互結合関係を持つ相互結合ネットワークを用いて前記受信電波強度と前記移動局の位置との相関関係を学習することを特徴とする請求項1乃至11に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項14】 前記制御局が、前記ニューラルネットワークを用いて、前記受信電波強度と前記移動局が位置する部屋や区域などの広がりを持った領域との相関関係を学習することを特徴とする請求項1乃至11に記載の移動局の位置検出方法。

【請求項15】 移動局と基地局と制御局とを備える移動体無線通信システムの移動局の位置を検出する位置検出方法において、各基地局が、測定ポイントに位置する移動局より発せら

れた電波の受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、

制御局が、複数の測定ポイントにおける前記測定結果と前記測定ポイントの位置データとから、前記受信電波強度と前記移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し、

各基地局が、任意の地点に位置する移動局より発せられた電波の受信電波強度を測定してその測定結果を制御局に伝え、

制御局が、前記学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、前記測定結果をもたらし移動局の位置を推定することを特徴とする移動局の位置検出方法。

【請求項16】 移動局と基地局と制御局とを備え、制御局で移動局の位置を検出することが可能な移動体無線通信システムにおいて、

前記移動局が、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段を具備し、  
前記制御局が、

測定ポイントの位置を入力する位置入力手段と、

移動局により複数の前記測定ポイントで測定された前記受信電波強度と前記位置入力手段から入力された前記測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、

前記位置学習処理手段の学習した前記相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における前記移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを具備することを特徴とする移動体無線通信システム。

【請求項17】 移動局と基地局と制御局とを備え、制御局で移動局の位置を検出することが可能な移動体無線通信システムにおいて、

前記移動局が、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段を具備し、

前記制御局が、

測定ポイントの各々の位置と前記測定ポイントに対応づけられた移動局の識別子とを記憶する位置記憶手段と、  
前記測定ポイントに対応づけられた移動局が前記測定ポイントで測定した前記受信電波強度と前記位置記憶手段に記憶された前記測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、

前記位置学習処理手段の学習した前記相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における前記移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを具備することを特徴とする移動体無線通信システム。

【請求項18】 前記測定ポイントの位置に、前記移動局を充電する充電器を配置したことを特徴とする請求項16または17に記載の移動体無線通信システム。

【請求項19】 前記測定ポイントの位置に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段と、これを基地局を介して制御局に報告し制御局からの制御信号を受信する送受信手段とを具備する学習データ採集器を設置したことを特徴とする請求項16または17に記載の移動体無線通信システム。

【請求項20】 移動局と基地局と制御局とを備え、制御局で移動局の位置を検出することが可能な移動体無線通信システムにおいて、

前記移動局が、

複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段と、

自らの位置情報を入力する位置入力手段とを具備し、

前記制御局が、

前記移動局の前記電波強度測定手段によって測定された前記受信電波強度と、前記位置入力手段から入力された測定時点での前記移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理手段と、

前記位置学習処理手段の学習した前記相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における前記移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを具備することを特徴とする移動体無線通信システム。

【請求項21】 前記制御局が、移動局に対して、複数の基地局からの電波強度を測定し、これを報告させるための電波強度報告要求メッセージを送信する電波強度報告要求手段を具備することを特徴とする請求項16乃至20に記載の移動体無線通信システム。

【請求項22】 前記移動局が、前記電波強度測定手段に対して、電波強度の測定要求を発行する自移動局位置問合せ手段を具備し、前記制御局が、前記電波強度測定手段の測定した受信電波強度を受信したとき、前記移動局の位置を推定して、推定結果を前記移動局自身に通知することを特徴とする請求項16乃至21に記載の移動体無線通信システム。

【請求項23】 前記移動局が、制御局に対して他の移動局の位置を問い合わせる要求を送信する他移動局位置問合せ手段を具備し、前記制御局が、前記要求を受信すると、前記電波強度報告要求手段から、位置を問い合わせられた他の移動局に対して電波強度報告要求メッセージを送信し、前記他の移動局から電波強度の測定結果が報告されると、それを基に前記他の移動局の位置を推定し、推定結果を前記問い合わせを行なった移動局に通知することを特徴とする請求項21に記載の移動体無線通信システム。

【請求項24】 前記制御局に有線または無線ネットワークを介して接続する端末が、前記制御局に対して移動局の位置を問い合わせると、前記制御局が、前記電波強度報告要求手段から、前記移動局に対して電波強度報告

要求メッセージを送信し、前記移動局から電波強度の測定結果が報告されると、それを基に前記移動局の位置を推定し、推定結果を前記端末に通知することを特徴とする請求項21に記載の移動体無線通信システム。

【請求項25】 前記制御局が、前記位置推定処理手段の推定した移動局の位置の情報を時系列的に蓄積する位置蓄積手段と、前記位置推定処理手段の推定した移動局の位置が、前記位置蓄積手段に蓄積されている前記移動局の位置の時間的な推移から判断して妥当か否かを判定する履歴判定手段とを具備し、前記履歴判定手段が妥当でないと判定したとき、前記電波強度報告要求手段が、前記移動局に対して電波強度報告要求メッセージを送信することを特徴とする請求項21乃至24に記載の移動体無線通信システム。

【請求項26】 前記移動局が、少なくとも2個の周波数シンセサイザを具備し、1つの周波数シンセサイザが通話時の通信用キャリアに同調しているときでも、前記電波強度測定手段が、他の周波数シンセサイザを用いて、複数の基地局からの電波強度を測定できるようにしたことを特徴とする請求項16乃至25に記載の移動体無線通信システム。

【請求項27】 前記制御局が、基地局の出力及び周波数から求められる理論的な電界強度の距離特性に基づいて、移動局で測定された複数の基地局からの受信電波強度から、前記移動局と前記各基地局との間の距離を算出する距離算出手段を具備し、前記位置学習処理手段が、算出された前記距離と前記測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習することを特徴とする請求項16乃至26に記載の移動体無線通信システム。

【請求項28】 前記移動局が、前記制御局から伝えられたニューラルネットワークのパラメータを記憶する学習結果記憶手段と、前記学習結果記憶手段に記憶されたパラメータを使ってニューラルネットワークを構成し、前記ニューラルネットワークを用いて、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度を基に自らの位置を検出する位置算出手段とを具備することを特徴とする請求項16乃至20に記載の移動体無線通信システム。

【請求項29】 前記制御局が、複数の基地局からの受信電波強度を入力する入力層のノードと、部屋や区域などの検出対象範囲を区画する領域の数に相当する出力層のノードとを具備する前記ニューラルネットワークを用いて、前記受信電波強度と移動局が位置する前記領域との相関関係を学習することを特徴とする請求項16乃至28に記載の移動体無線通信システム。

【請求項30】 移動局と基地局と制御局とを備え、制御局で移動局の位置を検出することが可能な移動体無線通信システムにおいて、各基地局が、移動局より発せられた電波の受信電波強度

を測定する電波強度測定手段を具備し、前記制御局が、測定ポイントの位置を入力する位置入力手段と、前記測定ポイントの移動局より発せられた電波に対して前記基地局が測定した受信電波強度と前記位置入力手段から入力された前記測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、前記位置学習処理手段の学習した前記相関関係に基づいて、移動局より発せられた電波の各基地局における受信電波強度から、前記移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを具備することを特徴とする移動体無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体無線通信の移動局を携帯している人あるいは移動局を付帯する物などの位置を検出することを可能にする移動局位置検出方法及びそれを実行する無線通信システムに関し、特に、移動局の位置を高精度に検出できるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】携帯電話やPHSなどの移動体通信では、移動局における受信電波強度が基地局からの距離に応じて変化する。そのため、移動局での複数の基地局から受信する信号の受信電波強度を検出することにより、その移動局の位置、即ち、その移動局を携帯している人や移動局を付帯している物などの位置を検出することが可能となる。

【0003】しかし、従来の携帯電話やPHSなど、複数の無線ゾーンによってサービスエリアを構成する無線通信システムでは、移動局の現在位置が、その移動局が位置登録を行なった基地局の無線ゾーンの範囲（または位置登録した基地局の無線ゾーンを含む複数の無線ゾーンから成る一斉呼出エリアの範囲）という比較的広い領域でしか特定することができなかった。

【0004】この移動局の位置を精密に検出するため、例えば、特開平2-44929号公報「移動体位置検出方法」では、複数の基地局の無線ゾーンが重なり合っていることを利用して、移動局によって受信される複数の基地局からの受信電波強度と、それぞれの基地局の無線ゾーンにおける電界強度地図とから、1台の基地局の無線ゾーンよりも狭い範囲に、移動局の現在位置を特定する方法が提示されている。以下、特開平2-44929号公報における位置検出方法の代表的な構成の概要を、図8を用いて説明する。

【0005】この移動体位置検出方法を実施する無線通信システムは、図8に示すように、各無線ゾーン805、806、807を有する基地局802、803、804と、この無線ゾーンに位置する移動局801と、基地局間あるいは基地局と

有線回線網との通信を制御する移動通信制御局808と、移動通信制御局808を通じて得られる情報に基づいて移動局801の位置を検出する位置情報センタ809とを備えており、位置情報センタ809は、各基地局802、803、804の受信電波強度の情報を集める位置情報送受信装置810と、各無線ゾーン805、806、807の電界強度分布を表した電界強度地図811とを具備している。

【0006】移動局801は、複数の基地局802、803、804の無線ゾーンの重なる場所に位置しており、各基地局から送信される電波を受信できる位置にいる。

【0007】移動局801が特定の基地局との通信接続をしていない状態であれば、これらの基地局802、803、804の電波信号（たとえば制御チャネルを用いて間欠送信されている、基地局の識別子などが含まれた報知情報など）を受信できる。

【0008】基地局802、803、804から報知されている電波信号を受信した移動局801は、これらの電波強度を測定し、各基地局に関する受信電波強度を基地局識別子とともに、いずれかの基地局を介して、移動通信制御局808に送信する。

【0009】移動通信制御局808は、移動局801から受信した基地局802、803、804の受信電波強度を位置情報センタ809内の位置情報送受信装置810に伝える。位置情報センタ810内には、移動通信制御局808が管理するすべての基地局の無線ゾーンにおける電界強度分布を等電界強度線で示した電界強度地図811が予め作成され記憶されている。位置情報送受信装置810において、基地局802、803、804の電界強度地図811を重ねあわせた上で、移動局801から受信した基地局802、803、804の受信電波強度に該当する等電界強度線を引き、それぞれの等電界強度線が互いに交わった領域を求めると、この領域が、移動局801の存在する位置として検出されたことになる。

【0010】こうして、特開平2-44929号公報による位置検出方法によれば、1基地局の無線ゾーンよりも狭い範囲に移動局の位置を特定することができ、精度の高い位置検出を実現できる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この特開平2-44929号公報による位置検出方法を実施するためには、サービスエリアを構成する基地局の電界強度地図を、予め知っていなければならない。

【0012】一般に、ある基地局の電界強度分布は、その無線ゾーンに存在する様々な障害物や反射物（屋外であれば、道路、家屋・ビルの壁など。屋内であれば、床、天井、隔壁など）の影響を受けるため、この電界強度地図を、基地局の電波特性から予測することは非常に困難であり、基地局ごとの電界強度地図を知るためには、電界強度計などを用いて詳細な測定を行わなければならない。

【0013】実際、たとえば、文献「NTT R&D」

No. 9 (Vol. 44) 1995, pp. 769 (57) ~ pp. 774 (62) 「PHS端末の構成」(中村、赤沢、岡、水鳥)の図4 (p. 773 (61)) には、住宅内におけるPHS基地局(親機)の電界強度分布が示されているが、これを参照すると、PHSの電界強度分布が室内において非常に複雑な形になることが明らかである。

【0014】そのため、この方法で位置検出の精度を上げるには、より精密な電界強度地図を測定によって求める必要が生じる。しかし、全ての基地局に関して、電界強度分布を測定するには、膨大な作業量が必要となる。

【0015】従って、特開平2-44929号公報の位置検出方法により、1基地局の無線ゾーンより細かい精度で移動体の位置を検出することは、この電界強度地図作成のための作業量を考えると、その実現がほとんど不可能か、あるいは非常に困難であると言える。

【0016】本発明は、こうした従来の問題点を解決するものであり、移動局の位置を正確且つ簡単に求めることができる無線移動局の位置検出方法、及びそれを実施する無線通信システムを提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明の移動局の位置検出方法では、移動局が、測定ポイントにおける複数の基地局からの受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、複数の測定ポイントにおける測定結果と測定ポイントの位置データとから、受信電波強度と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習する。そして、移動局から、任意の地点で測定された複数の基地局からの受信電波強度の測定結果が送られてくると、制御局は、学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、この測定結果をもたらし移動局の位置を推定する。

【0018】また、制御局が学習したニューラルネットワークの構成を移動局に伝え、移動局が、複数の基地局からの受信電波強度を測定して、その測定結果を基に現在位置を自ら検出する。

【0019】また、複数の基地局が、測定ポイントにおける移動局からの受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、各基地局の測定結果と測定ポイントの位置データとから、各基地局での受信電波強度と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し、各基地局から、任意の地点で移動局が発した電波に対する受信電波強度の測定結果が送られてくると、制御局が、学習で得た相関関係に基づいて、移動局の位置を推定する。

【0020】また、本発明の移動体無線通信システムでは、移動局に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段を設け、制御局に、測定ポイントの位置を入力する位置入力手段と、移動局により複数の測定ポイントで測定された受信電波強度と位置入力手段

から入力された測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、この位置学習処理手段の学習した相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを設けている。

【0021】また、移動局に、制御局から伝えられたニューラルネットワークのパラメータを記憶する学習結果記憶手段と、このパラメータを使ってニューラルネットワークを構成し、自らの位置を検出する位置算出手段とを設けている。

【0022】また、各基地局に電波強度測定手段を設け、制御局に、測定ポイントの位置を入力する位置入力手段と、各基地局で測定された移動局からの受信電波強度と測定ポイントの位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、各基地局で測定された移動局からの受信電波強度を基に移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを設けている。

【0023】このように、本発明では、ニューラルネットワークによる学習を通じて移動局の位置を検出しているため、準備段階の測定作業としては、代表的な測定ポイントで受信電波強度を測定すれば足りる。そのため、準備段階の作業量が少なく済む。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、移動局と基地局と制御局とを備える移動体無線通信システムの移動局の位置を検出する位置検出方法において、移動局が、測定ポイントにおける複数の基地局からの受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、複数の測定ポイントにおける測定結果と測定ポイントの位置データとから、受信電波強度と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し、移動局が、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度の測定結果を基地局を通じて制御局に伝え、制御局が、学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、この測定結果をもたらし移動局の位置を推定するようにしたものであり、移動局の位置とその地点における複数の基地局からの受信電波強度との相関関係を学習することにより、任意の地点で移動局が受信した複数の基地局の電界強度から、移動局の位置を推定することができる。

【0025】請求項2に記載の発明は、この測定ポイントが、予め決められており、各移動局が、それぞれ自らに対応する測定ポイントで、複数の基地局からの受信電波強度を測定するようにしたものであり、予め位置の分かっている測定ポイント上で測定された受信電波強度とそのポイント位置との相関関係の学習が行なわれる。請求項3に記載の発明は、測定ポイントを、移動局を充電する充電器の設置位置にしたものであり、移動局が位置の分かっている充電器に置かれて充電されている間に、

受信電波強度を測定し、制御局に報告する。制御局は、この充電器の位置データと報告された受信電波強度とから前記相関関係を学習する。

【0026】請求項4に記載の発明は、移動局が、測定ポイントの位置データと、測定ポイントで測定した複数の基地局からの受信電波強度とを基地局を通じて制御局に伝えるようにしたものであり、移動局が複数の基地局からの受信電波強度を測定し、これを制御局に報告する際に、ユーザの入力や他の位置検出装置を用いて自らの位置を入力し、ともに報告する。制御局は、移動局から入力された位置とその地点での受信電波強度とから前記相関関係の学習を行なう。

【0027】請求項5に記載の発明は、移動局が、同一測定ポイントまたは任意の地点において、複数の基地局からの受信電波強度を複数回にわたって測定し、これら複数の測定値に統計的処理を施して求めた単一の値を最終的な測定結果として出力するようにしたものであり、移動局での測定結果の精度を高めることができる。

【0028】請求項6に記載の発明は、移動局が、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度の測定結果を基地局を通じて制御局に伝え、制御局が、学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、測定結果をもたらし移動局の位置を推定し、推定結果をこの移動局に伝えるようにしたものであり、移動局を携帯するユーザは、制御局に問合せることによって、自らの位置を知ることができる。

【0029】請求項7に記載の発明は、移動局が、他の移動局の位置を問合せると、制御局が、他の移動局に対して、複数の基地局からの受信電波強度を測定して報告するように指令し、測定結果が報告されると、その測定結果に基づいて他の移動局の位置を推定し、推定結果を問合せのあった移動局に伝えるようにしたものであり、移動局を携帯するユーザは、制御局に問合せることによって、他の移動局を携帯する人の位置を知ることができる。

【0030】請求項8に記載の発明は、制御局が、移動局の位置の推定結果を順次記憶し、新たな測定結果に基づいて移動局の位置を推定したときには、推定した移動局の位置が移動局の過去の位置から判断して妥当か否かを判定し、妥当でなければ、移動局に測定を再度行なうように指令するものであり、この手順によって推定結果の信頼性を高めることができる。

【0031】請求項9に記載の発明は、請求項8の検出方法の場合に、移動局が、一定時間間隔で複数の基地局からの受信電波強度を測定し、測定結果を基地局を通じて制御局に伝えるようにしたものであり、制御局が、この測定結果に基づいて移動局の位置を一定時間間隔で求め、それを時系列的に記憶することにより、新たに推定した移動局の位置の妥当性をよりの確に判定することができる。



【0032】請求項10に記載の発明は、制御局が、移動局から伝えられた受信電波強度を基地局と移動局との理論的距離に換算し、この理論的距離と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習するようにしたものであり、こうすることにより、学習処理が容易になり、学習精度を向上させることが可能になる。

【0033】請求項11に記載の発明は、移動局と基地局と制御局とを備える移動体無線通信システムの移動局の位置を検出する位置検出方法において、移動局が、測定ポイントにおける複数の基地局からの受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、複数の測定ポイントにおける測定結果と測定ポイントの位置データとから、受信電波強度と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し、学習で得られたニューラルネットワークのパラメータを移動局に伝え、移動局が、このパラメータを使ってニューラルネットワークを構成し、このニューラルネットワークを用いて、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度を基に自らの位置を検出するようにしたものであり、移動局が、制御局に問い合わせることなく、自らの位置を検出することができる。

【0034】請求項12に記載の発明は、制御局が、ニューラルネットワークを用いて、受信電波強度と移動局の位置の2進表現した座標値との相関関係を学習するように構成したものであり、高精度の位置検出を行なうことができる。

【0035】請求項13に記載の発明は、制御局が、ニューラルネットワークとして、出力層ノード間に測定地点の構造を反映した相互結合関係を持つ相互結合ネットワークを用いて受信電波強度と移動局の位置との相関関係を学習するように構成したものであり、移動局の位置検出精度を向上させることができ、また、統計的な処理を施すことにより、信頼性の高い位置検出が可能となる。

【0036】請求項14に記載の発明は、制御局が、ニューラルネットワークを用いて、受信電波強度と移動局が位置する部屋や区域などの広がりを持った領域との相関関係を学習するように構成したものであり、移動局を携帯している人間の居る部屋や区域を検出することができ、また、複数の場所を居場所の候補として提示することができる。

【0037】請求項15に記載の発明は、移動局と基地局と制御局とを備える移動体無線通信システムの移動局の位置を検出する位置検出方法において、各基地局が、測定ポイントに位置する移動局より発せられた電波の受信電波強度を測定して、測定結果を制御局に伝え、制御局が、複数の測定ポイントにおける測定結果と測定ポイントの位置データとから、受信電波強度と移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習

し、各基地局が、任意の地点に位置する移動局より発せられた電波の受信電波強度を測定してその測定結果を制御局に伝え、制御局が、学習で得た受信電波強度と移動局位置との相関関係に基づいて、測定結果をもたらず移動局の位置を推定するようにしたものであり、自動車電話のように、移動局の発する電波を複数の基地局で測定する仕組みを持つシステムに容易に適用することができる。

【0038】請求項16に記載の発明は、移動局と基地局と制御局とを備え、制御局で移動局の位置を検出することが可能な移動体無線通信システムにおいて、移動局に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段を設け、制御局に、測定ポイントの位置を入力する位置入力手段と、移動局により複数の測定ポイントで測定された受信電波強度と位置入力手段から入力されたそれらの測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、位置学習処理手段の学習した相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを設けたものであり、移動局の位置検出に際して、ニューラルネットワークによる学習を取り入れた検出方法を実施することができる。

【0039】請求項17に記載の発明は、移動局に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段を設け、制御局に、測定ポイントの各々の位置と測定ポイントに対応づけられた移動局の識別子とを記憶する位置記憶手段と、測定ポイントに対応づけられた移動局がその測定ポイントで測定した受信電波強度と位置記憶手段に記憶されたその測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、位置学習処理手段の学習した相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを設けたものであり、このシステムでは、予め決められた測定ポイントで予め決められた移動局により測定された受信電波強度を用いて学習を行なう位置検出方法を実施することができる。

【0040】請求項18に記載の発明は、測定ポイントの位置に、移動局を充電する充電器を配置したものであり、移動局は、充電中に測定した受信電波強度を制御局に報告し、制御局は、その受信電波強度と予め分かっている充電器の位置とを用いて学習を行なう。

【0041】請求項19に記載の発明は、測定ポイントの位置に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段と、これを基地局を介して制御局に報告し制御局からの制御信号を受信する送受信手段とのみを具備する学習データ採集器を設置したものであり、制御局は、この学習データ採集器から定期的に、または指



令に基づいて送られてくる受信電波強度を用いて学習を行なうことができる。請求項20に記載の発明は、移動局に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定手段と、自らの位置情報を入力する位置入力手段とを設け、制御局に、移動局の電波強度測定手段によって測定された受信電波強度と、位置入力手段から入力された測定時点での移動局の位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理手段と、位置学習処理手段の学習した相関関係に基づいて、任意の地点で移動局が測定した複数の基地局からの受信電波強度から、その測定時点における移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを設けたものであり、このシステムでは、移動局が、測定した受信電波強度と共に、ユーザの操作や他の位置検出装置を用いて自らの位置を入力し、制御局がこれらのデータを用いて学習する位置検出方法を実施することができる。

【0042】請求項21に記載の発明は、制御局に、移動局に対して、複数の基地局からの電波強度を測定し、これを報告させるための電波強度報告要求メッセージを送信する電波強度報告要求手段を設けたものであり、制御局は、必要に応じて、任意の移動局から受信電波強度の測定データを求めることができる。

【0043】請求項22に記載の発明は、移動局に、電波強度測定手段に対して、電波強度の測定要求を発行する自移動局位置問合せ手段を設け、制御局が、この電波強度測定手段の測定した受信電波強度を受信したとき、移動局の位置を推定して、推定結果を移動局自身に通知するようにしたものであり、このシステムでは、移動局のユーザが、自移動局位置問合せ手段を操作して、自身の現在位置を制御局に問い合わせることができる。

【0044】請求項23に記載の発明は、移動局に、制御局に対して他の移動局の位置を問い合わせる要求を送信する他移動局位置問合せ手段を設け、制御局が、この要求を受信すると、電波強度報告要求手段から、位置を問い合わせられた他の移動局に対して電波強度報告要求メッセージを送信し、他の移動局から電波強度の測定結果が報告されると、それを基に他の移動局の位置を推定し、推定結果を問い合わせを行なった移動局に通知するようにしたものであり、このシステムでは、移動局を携帯するユーザが、他移動局位置問合せ手段を操作して、他の移動局を携帯している人の位置を制御局に問い合わせることができる。

【0045】請求項24に記載の発明は、制御局に有線または無線ネットワークを介して接続する端末が、制御局に対して移動局の位置を問い合わせると、制御局が、電波強度報告要求手段から、移動局に対して電波強度報告要求メッセージを送信し、移動局から電波強度の測定結果が報告されると、それを基に移動局の位置を推定し、推定結果を端末に通知するようにしたものであり、このシステムでは、インターネットなどに接続されたパ

ーソナルコンピュータや、通信機能を持つ携帯端末や公衆電話網に接続された固定電話などの端末から、移動局を携帯している人の位置を制御局に問い合わせることができる。

【0046】請求項25に記載の発明は、制御局に、位置推定処理手段の推定した移動局の位置の情報を時系列的に蓄積する位置蓄積手段と、位置推定処理手段の推定した移動局の位置が、位置蓄積手段に蓄積されている移動局の位置の時間的な推移から判断して妥当か否かを判定する履歴判定手段とを設け、この履歴判定手段が妥当でないと判定したとき、電波強度報告要求手段が、移動局に対して電波強度報告要求メッセージを送信するようにしたものであり、このシステムでは、基地局の電界分布の大きな揺らぎなどに起因して、不適切な推定結果が得られた場合、測定をやり直すことにより、推定結果の精度を高めることができる。

【0047】請求項26に記載の発明は、移動局に、少なくとも2個の周波数シンセサイザを設け、1つの周波数シンセサイザが通話時の通信用キャリアに同調しているときでも、電波強度測定手段が、他の周波数シンセサイザを用いて、複数の基地局からの電波強度を測定できるようにしたものであり、移動局において、受信電波強度の測定を、通話に妨げられずに実行することができる。

【0048】請求項27に記載の発明は、制御局に、基地局の出力及び周波数から求められる理論的な電界強度の距離特性に基づいて、移動局で測定された複数の基地局からの受信電波強度から、移動局と各基地局との間の距離を算出する距離算出手段を設け、位置学習処理手段が、算出された距離と測定ポイントの位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習するようにしたものであり、このシステムでは、学習に際して、算出した理論上の距離を用いることにより、高精度の位置推定が可能になる。

【0049】請求項28に記載の発明は、移動局に、制御局から伝えられたニューラルネットワークのパラメータを記憶する学習結果記憶手段と、学習結果記憶手段に記憶されたパラメータを使ってニューラルネットワークを構成し、このニューラルネットワークを用いて、任意の地点で測定した複数の基地局からの受信電波強度を基に自らの位置を検出する位置算出手段とを設けたものであり、移動局が、制御局に問い合わせることなく、自らの位置を検出する請求項11の位置検出方法を実施することができる。

【0050】請求項29に記載の発明は、制御局が、複数の基地局からの受信電波強度を入力する入力層のノードと、部屋や区域などの検出対象範囲を区画する領域の数に相当する出力層のノードとを具備するニューラルネットワークを用いて、受信電波強度と移動局が位置する領域との相関関係を学習するように構成したものであ

り、移動局を携帯している人間の居る部屋や区域を検出したり、複数の場所を居場所の候補として提示したりする請求項14の位置検出方法を実施することができる。

【0051】請求項30に記載の発明は、移動局と基地局と制御局とを備え、制御局で移動局の位置を検出することが可能な移動体無線通信システムにおいて、各基地局に、移動局より発せられた電波の受信電波強度を測定する電波強度測定手段を設け、制御局に、測定ポイントの位置を入力する位置入力手段と、測定ポイントの移動局より発せられた電波に対して基地局が測定した受信電波強度と位置入力手段から入力された測定ポイントの位置との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習する位置学習処理手段と、位置学習処理手段の学習した相関関係に基づいて、移動局より発せられた電波の各基地局における受信電波強度から、移動局の位置を推定する位置推定処理手段とを設けたものであり、移動局の発する電波を複数の基地局で測定して移動局の位置を検出する請求項15の位置検出方法を実施することができる。

【0052】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0053】(第1の実施の形態)第1の実施形態の無線移動局の位置検出方法では、複数の基地局の電波強度と移動局との位置関係をニューラルネットワークを用いて学習し、その結果を用いて、移動局が測定した電波強度から移動局の位置を推定する。

【0054】この検出方法を実施する無線通信システムは、図1に示すように、移動局101が、移動局の動作を制御する移動局制御部102と、基地局から受信する信号の電波強度を測定する電波強度測定部103と、信号の送受信を行なう移動局送受信部104とを備え、基地局105が、基地局の動作を制御する基地局制御部106と、移動局101との間で信号を送受信する基地局送受信部107と、有線回線を通じて制御局111との間で信号を送受信する基地局入出力部108とを備え、また、制御局111は、制御局111の動作を制御する制御局制御部112と、基地局105との間の通信を制御する通信制御部113と、電波強度の測定ポイントの座標データが入力される位置入力部114と、移動局の位置とその位置での受信電波強度との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理部115と、この相関関係に基づいて電波強度測定値から移動局101の位置を推定する位置推定処理部116とを備えている。なお、109及び110は他の基地局であり、その内部構成は基地局105と同じである。

【0055】また、図2は、この無線通信システムのシステム・イメージを表したものであり、移動局201と、無線ゾーン205、206、207を有する基地局202、203、204と、位置入力部209、位置学習処理部210及び位置推定処理部211を具備する制御局208とから成る。

【0056】このシステムでは、図2に示すように、移動局201が、複数の基地局202、203、204の各無線ゾーン

205、206、207に同時に属するような場合に、移動局201において測定される基地局202、203、204の電波信号の強度を基に、制御局208の位置入力部209、位置学習処理部210、位置推定処理部211の機能によって、移動局201の位置が検出される。

【0057】移動局の位置検出を行なうために、システムの動作としては、2つのモードが存在する。学習モードと推定モードとである。

【0058】学習モードでは、まず、制御局111の位置入力部114から、予め決められた複数の測定ポイントに関して、それぞれの位置座標を入力し、位置学習処理部115に記憶しておく。

【0059】このとき、測定ポイントには測定順序を示す番号を割り振っておく。また、測定ポイントの位置を示す座標系は、位置検出を行なう領域で一意に決めておく。この測定ポイントが何らかの手段で移動局側に伝えられると、移動局101は、例えば、測定ポイントが地図上の点で表される場合に、測定順序に従って、すなわち測定ポイントの番号順に、指示された地点に赴き、各測定ポイント上で、移動局送受信部104が受信した基地局105、109、110からの信号の受信電波強度を電波強度測定部103で測定する。そして、このデータを移動局送受信部104から、最大の電波強度である基地局105へと送信する。

【0060】基地局105では、基地局送受信部107で移動局101からの受信電波強度データを受信すると、データの種別を基地局制御部106が判断し、これを入出力部108を介して、制御局111に送信する。

【0061】制御局111では、通信制御部113を介して、基地局105から送られた、移動局101の受信電波強度データを受信し、これを制御局制御部112が判別し、位置学習処理部115に渡す。

【0062】このようにして、位置学習処理部115には、移動局101からの受信電波強度データが、測定順序に従って伝えられ、予め位置入力部114から入力されていた各測定ポイントの位置座標と、それぞれの測定ポイントにおける移動局101の受信電波強度データとが対応づけられる。

【0063】位置学習処理部115における学習は、たとえば図3に示すようなニューラルネットワークによって行なわれる。図3において、301は入力層、302は中間層、303は出力層を示している。このニューラルネットワークは、入力層301の各ノードに、移動局で受信された各基地局からの受信電波強度を入力した時に、その測定地点における移動局の位置座標を出力層303から出力する、階層型パーセプトロンの構成となっており、ノードの入出力関数はシグモイド関数などの適当な連続関数を用いる。

【0064】なお、このニューラルネットワークの構成は特殊なものではなく、参考書などで典型例として参照

される周知のものなので、詳細な説明は省略する。参考書としては多数存在するが、甘利俊一「神経回路網の数理」産業図書(1978)、麻生英樹「ニューラルネットワーク情報処理」産業図書(1988)を挙げておく。

【0065】位置学習処理部115では、対応づけされた、測定ポイントの位置座標と、それぞれの測定ポイントにおける移動局101での受信電波強度とを、このニューラルネットワークの学習データとして用いる(受信電波強度が入力信号、位置座標が教師信号となる)。

【0066】まず、測定ポイントにおける移動局101での複数基地局に関する受信電波強度を、各基地局に対応した入力層301のノードにそれぞれ入力する。このとき、中間層302を通して、出力層303の各ノードの出力値が、この測定ポイントの位置座標に一致するように、ニューラルネットワークの学習を行なう。具体的には、実際の出力(電波強度を入力層301に入力したとき、出力層303から出力される値)と、正しい位置座標との誤差が少なくなるように、入力層301と中間層302とのノード間の結合荷重、及び、中間層302と出力層303とのノード間の結合荷重を変更していく(この学習則は、一般にバックプロパゲーション(逆誤差伝搬方法)と呼ばれるものであるが、これに限るものではない。学習則に関する詳細についても、やはり周知の技術であるので解説は省略する。前記の参考書を参照)。

【0067】すべての測定ポイントに関して、各基地局に関する移動局101での受信電波強度を入力とし、その位置座標を出力させるための学習を、収束するまで行なう(収束条件としては、各測定ポイントにおける誤差の和がある一定値以下になったとき、などを用いる)。学習終了後、位置学習処理部115では入力層301～中間層302と、中間層302～出力層303とにおける各ノード間の結合荷重を、位置推定処理部116に渡して、位置推定処理部116がこれを記憶する。以上が、学習モードにおける動作である。

【0068】推定モードでは、移動局の現在位置が推定され、ここにおいて実際の位置検出の機能が実行される。

【0069】移動局101において、ある任意地点におけるユーザの入力指示に従ったタイミング、あるいはシステム動作上のタイミング、あるいは一定の時間間隔で、移動局送受信部104が、受信可能な複数基地局からの電波信号をそれぞれ受信し、これを電波強度測定部103が測定する(受信及び測定のタイミングについては移動局制御部102が制御する)。この受信電波強度データを送受信部103から、たとえば最大の電波強度である基地局105を選び、これに対し送信する。基地局105では、基地局送受信部107で移動局101からの受信電波強度データを受信すると、データの種別を基地局制御部106が判断し、これを入出力部108を介して、制御局111に送信する。

【0070】制御局111では、通信制御部113で、基地局105から送られた移動局101の受信電波強度データを受信して、これを制御局制御部112が判別し、位置推定処理部116に渡す。

【0071】位置推定処理部116では、学習モードにおいて、位置学習処理部115から伝えられた結合荷重を用いて、学習に用いたものと同じ構成のニューラルネットワークを構築し、移動局101の複数基地局からの受信電波強度をこのニューラルネットワークに入力して、出力として、移動局101が受信電波強度を測定し報告した時点における移動局101の位置座標を得る。

【0072】このようにして、移動局における複数基地局の受信電波強度から、その移動局の位置を推定し、検出することができる。位置検出の精度は、学習モードにおける学習結果に依存し、ニューラルネットワークによる学習の特性上、一般的には、学習モードにおける測定ポイント数を増やしたり、同じ測定ポイントにおける測定回数を増やすことによって、精度を向上させることができる。

【0073】上述した説明において、この無線通信システムの動作を、学習モードと推定モードという2つに分けたが、これらの動作モードの切替えは、制御局111において明示的に行なっても良いし、あるいは、移動局101の報告する受信電波強度データに、データ種別としてモード情報を付加し、制御局制御部112でこのデータ種別を見て、動作を切替えるようにしても良い。

【0074】また、学習モードで用いた移動局と、推定モードで用いた移動局とは、同じ図1中の移動局101を使って説明しているが、これは同一である必要はない。

【0075】(第2の実施の形態)第2の実施形態の無線移動局の位置検出方法では、移動局の充電器の位置を測定ポイントとしてニューラルネットワークの学習を行なう。

【0076】この検出方法を実施する無線通信システムは、図4に示すように、移動局401、402、403と、移動局の充電を行なう充電器404、405、406と、基地局407、408、409と、制御局410とを備え、制御局410は、予め位置の決まっている測定ポイントの位置情報を記憶する測定位置記憶部411と、測定ポイントとそのポイント位置での受信電波強度との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理部412と、この相関関係に基づいて電波強度測定値から移動局の位置を推定する位置推定処理部413とを具備している。なお、図4において414は座標系を示している。

【0077】このシステムでは、充電器がある決まった位置に固定的に配置されている場合を想定している。たとえば、オフィス内で各人の机の上に充電器が置かれているような場合などである。

【0078】このとき、それぞれの充電器の位置を予め決められた座標系414で表現し(座標系414の設定は任

意)、その位置座標を制御局410の測定位置記憶部411に記憶しておく。

【0079】いま、移動局401、402、403が、基地局407、408、409の無線ゾーンに同時に属しており、それぞれ任意の充電器404、405、406に置かれ、充電されている状態であるとする。

【0080】このとき、移動局401、402、403は、充電状態にあることを検知して、それぞれの充電器から充電器の識別情報を取得し、同時に、基地局407、408、409からの受信電波強度を測定する。

【0081】次に、移動局401、402、403は、基地局407、408、409のいずれかを介して、制御局410に対し、充電器識別情報と、基地局407、408、409からの受信電波強度とを報告する。

【0082】報告を受けた制御局410の位置学習処理部412では、測定位置記憶部411に予め記憶されている全充電器の位置情報、すなわち座標系414で表現された位置座標を参照し、移動局407、408、409が報告した受信電波強度が測定された位置座標を求める。

【0083】そして、第1の実施形態と同様に、各位置における各基地局からの受信電波強度を入力とし、その位置座標を出力とするニューラルネットワークを構成して、学習を行ない、学習結果としてニューラルネットワークの各ノード間の結合荷重を位置推定処理部413に格納する。

【0084】このようにして、移動局における複数基地局からの受信電波強度とその位置との相関関係の学習を行なうためのデータを採集する際に、複数の移動局を用いて、位置の分かっている充電器の地点で測定することにより、測定ポイントの位置座標の入力を簡略化することができる。また、充電中であれば、常に受信電波強度の測定を行なえるので、学習のためのデータを多数採集でき、位置検出の精度を上げることが可能となる。

【0085】また、この実施形態では、充電器の位置を固定することによって、学習用データ(受信電波強度)の測定ポイントの位置座標を求める構成となっているが、充電器と移動局との対応づけを予め決めておくことによって、充電器から識別情報を取得することなく、各移動局の学習用データ測定ポイントを特定する方法や、あるいは、予め移動局ごとに学習用データの測定ポイントを決めておく方法も可能である。

【0086】また、学習用データを集めるために、測定ポイント上に、複数の基地局からの受信電波強度を測定する電波強度測定部と、これを基地局を介して制御局に報告し制御局からの制御信号を受信する送受信部のみを備える学習データ採集器を設置するようにしてもよい。

【0087】なお、この実施形態における無線通信システムの位置推定モードの動作は、第1の実施形態における位置推定モードの動作と同一である。

【0088】(第3の実施の形態)第3の実施形態の無

線移動局の位置検出方法では、移動局を携帯するユーザが移動局を使って現在位置や他の移動局の位置を知ることができる。

【0089】この検出方法を実施する無線通信システムは、図5に示すように、移動局A501、B507が、移動局の動作を制御する移動局制御部502、508と、基地局から受信する信号の電波強度を測定する電波強度測定部503、509と、基地局との間で信号の送受信を行なう移動局送受信部506、512と、ユーザが学習用データの測定位置を入力する位置入力部504、510と、ユーザが位置の問い合わせを行なう位置問合部505、511とを備え、また、制御局516が、制御局516の動作を制御する制御局制御部517と、基地局との間の通信を制御する通信制御部518と、移動局に対して電波強度の報告を要求する電波強度報告要求部520と、移動局の位置とその位置での受信電波強度との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理部519と、この相関関係に基づいて電波強度測定値から移動局の位置を推定する位置推定処理部521とを備えている。基地局513、514、515の構成は第1の実施形態(図1)と変わらない。

【0090】まず、このシステムでの学習モードにおける動作について説明する。

【0091】移動局A501を携帯するユーザは、学習用データの測定位置で、その位置情報を位置入力部504から入力する。移動局制御部502では、これを検知し、電波強度測定部503に対して、複数基地局513、514、515など、受信可能なすべての基地局からの電波強度を測定するように指示する(移動局Bについても同様である)。電波強度測定部503は、測定を行なった後、送受信部506を通して、最大の受信電波強度を示した基地局513に対して、測定した複数基地局からの受信電波強度と、その測定した位置の位置情報とを送信し、基地局513では、これらのデータを制御局516に伝える。

【0092】制御局516では、通信制御部518でこれらのデータを受けると、制御部517がデータの種別を判断し、位置学習処理部519へとこれらのデータが伝えられる。こうして、ニューラルネットワークを用いた学習のためのデータが、位置学習処理部519に集められる。その後の位置学習処理部519の動作は、第1、第2の実施形態における無線通信システムの位置学習処理部の動作と同様である。

【0093】次に、推定モードでの動作を説明する。ここでは、移動局A501のユーザが、自分の位置、あるいは他の移動局である移動局B507の位置を知りたいという場面を想定することにする。

【0094】まず、移動局A501のユーザは、位置問合部505に対して、自分の位置を知りたい場合にはその指示を、他の移動局Bの位置を知りたい場合には、移動局Bの識別番号(電話番号など)を入力し、問い合わせの指示を行なう。

【0095】自分の位置を問い合わせる指示があった場合には、位置問合せ部505は、移動局制御部502に依頼して、電波強度測定部503に、受信可能なすべての基地局からの受信電波強度の測定を指示し、電波強度測定部503は、測定を行なった後、測定結果を基地局513を介して制御局516に伝える。

【0096】制御局516では通信制御部518でこれを受け、データは位置推定処理部521へと渡される。そして、位置推定処理部521では、位置学習処理部519において学習済みのニューラルネットワークに、移動局A501から報告された複数基地局に関する受信電波強度を入力し、その位置座標を求める。こうして求めた位置座標を通信制御部518へと渡して、基地局513を介して移動局501へと送信することにより、移動局A501は自分の現在位置を知ることができる。

【0097】一方、移動局Aにおいて、移動局Bの位置を知りたいという指示が、移動局Bの識別番号とともに入力された場合には、位置問合せ部505は、送受信部506に対して、問い合わせ要求と対象移動局の識別番号とを、基地局513を介して制御局516まで送信するように指示する。

【0098】制御局516では通信制御部518でこれを受け、制御部517で受信データが解析されて、移動局Bに対する位置問い合わせ要求であることが判別され、データは電波強度報告要求部520へと渡される。

【0099】電波強度報告要求部520では、このデータ、すなわち移動局Bの識別番号と、これに対する位置問い合わせ要求とを受けると、移動局Bに対する電波強度報告要求を発行し、通信制御部518に伝える。移動局の位置登録による移動管理（携帯電話やPHSの規格に規定されている機能）を行なっている通信制御部518では、移動局B507の一斉呼出エリア（複数基地局の無線ゾーンから成る一斉呼出のためのエリアで、これにより移動局への着信が可能となる）を検索し、移動局B507に対して電波強度報告要求を送信する。

【0100】電波強度報告要求を受信した移動局B507では、電波強度測定部509が受信可能なすべての基地局からの受信電波強度を測定し、これを適当な基地局を介して、制御局516に報告する。

【0101】移動局B507からの電波強度報告を受けた制御局516では、この報告データに基づいて、位置推定処理部515が移動局B507の位置を求め、通信制御部518により、移動局A501に対して、これを送信する。こうして、移動局A501は移動局B507の位置を知ることができる。

【0102】なお、いずれの場合でも、移動局501へと伝えられた、自分の、あるいは他の移動局の位置座標データを、どのようにユーザに表示するかについては限定しない。数値としてそのまま表示するか、あるいは地図イメージ上にプロットして表示するなどの方法があり得

る。

【0103】（第4の実施の形態）第4の実施形態の無線移動局の位置検出方法は、推定結果の信頼性が低い場合に、測定をやり直すことにより、位置検出の精度を高めている。

【0104】この検出方法を実施する無線通信システムは、図6に示すように、制御局608が、制御局608の動作を制御する制御局制御部609と、基地局との間の通信を制御する通信制御部610と、測定ポイントの位置を入力する位置入力部611と、移動局の位置とその位置での受信電波強度との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理部612と、この相関関係に基づいて電波強度測定値から移動局の位置を推定する位置推定処理部613と、移動局に対して電波強度の報告を要求する電波強度報告要求部614と、移動局の過去の位置座標を蓄積する位置蓄積部615と、推定した移動局の現在位置が過去の位置から見て妥当かどうかを判定する履歴判定部616とを備えている。なお、移動局601及び基地局605、606、607の構成は第1の実施形態（図1）と変わらない。

【0105】このシステムの学習モードの動作は、第1の実施形態と同様である。一方、推定モードでは、次のように動作する。

【0106】制御局608において、位置蓄積部615は、過去に位置推定処理部613によって求められたすべての移動局の位置座標を、移動局ごとに時系列データとして、タイムスタンプとともに記憶している。

【0107】ここで、移動局601から、制御局608に対して、何らかの契機に従って（第1、第2、第3の実施形態参照）、電波強度測定部603で測定された複数基地局からの受信電波強度が基地局605を介して報告されると、制御局608の通信制御部610でこれを受信し、制御部609でデータ種が判別されて、位置推定処理部613へと送られる。

【0108】位置推定処理部613では、位置学習処理部612で学習済みのニューラルネットワークを用いて、報告された複数基地局からの受信電波強度から、移動局601の位置座標を求め、これが履歴判定部616へと渡される。

【0109】履歴判定部616では、位置蓄積部615に蓄積されている、移動局616の過去の位置座標を参照しながら、位置推定処理部613で推定された移動局610の現在位置の座標が妥当か否かを判断する。

【0110】このときの判断基準としては、様々な方法があり得るが、たとえば、過去直近の推定された位置とその時刻と、現在の位置及び時刻とから移動速度を算出し、この速度が移動局を携帯しているユーザにとって妥当なものか否かで判断したり、また、過去の位置履歴の軌跡を描き、この軌跡の示す移動方向からの逸脱の度合（移動ベクトルのなす角度など）で、妥当性を判断する

などの方法が考えられる。ただし、この実施形態においては、この方法については限定しない。

【0111】ここで妥当と判断された場合には、この座標を以って移動局601の現在位置として決定し、位置推定処理部613の出力とする（出力先については、制御局の表示装置や、移動局601自身、あるいは他の移動局などの場合があり得る）。

【0112】しかし、妥当でないと判断された場合には、履歴判定部616は電波強度報告要求部614に対して、移動局601への電波強度報告要求を発行するように指示する。電波強度報告部614は、この指示に従い、移動局601に対して、改めて受信可能なすべての基地局の受信電波強度を測定し、これを報告するように要求するために、電波強度報告要求を発信する。

【0113】基地局605を介して、これを受信した移動局601は、要求に従って、電波強度測定部603で、受信可能なすべての基地局の受信電波強度を測定し、制御局608にこれを報告する。

【0114】制御局608では、ふたたび位置推定処理部613によって、移動局601の現在位置が求められ、履歴判定部616によってこの座標値の妥当性が判断される。

【0115】ここで、妥当でないと判断されると、先の手順が繰り返される。ただし、移動局601への電波強度報告要求の反復回数の上限は予め決めておく必要がある、妥当でないという判断が続いた場合には、この回数分だけ位置の推定をやり直して打ち切る。この場合には、もっとも妥当性のある値を採用するか、あるいはそれまでに推定された値の平均を取るなどして、この位置を決定する。

【0116】このように、この実施形態による位置検出方法では、無線通信システムの基地局の電界分布に大きなゆらぎがあった場合や学習精度が不十分であった場合など、位置推定処理部で求められた移動局の位置精度の信頼性が低いことが予想されるときに、再度移動局での測定をやり直して、位置推定を繰り返す。こうすることにより、位置検出の精度と信頼性とを向上させることができる。

【0117】また、このシステムでは、移動局601に測定間隔計測部を設け、この測定間隔計測部によって計られる一定時間間隔ごとに、電波強度測定部603が複数基地局からの電波強度を測定し、基地局を通じ制御部608に報告するように構成してもよい。こうした場合には、一定時間間隔ごとに移動局の位置の履歴を取ることができ、推定された移動局の位置座標の妥当性を、よりの確に判断することができる。

【0118】（第5の実施の形態）第5の実施形態の無線移動局の位置検出方法では、測定された電波強度を移動局と基地局との間の距離に換算し、この距離によってニューラルネットワークの学習を行なう。

【0119】この検出方法を実施する無線通信システム

は、図7に示すように、制御局708が、制御局708の動作を制御する制御局制御部709と、基地局との間の通信を制御する通信制御部710と、測定ポイントの位置を入力する位置入力部711と、移動局の位置とその位置での受信電波強度との相関関係をニューラルネットワークを用いて学習し記憶する位置学習処理部712と、この相関関係に基づいて電波強度測定値から移動局の位置を推定する位置推定処理部713と、移動局と基地局との距離を理論的に計算する距離算出部714とを備えている。なお、移動局701及び基地局705、706、707の構成は第1の実施形態（図1）と変わりがない。

【0120】このシステムでは、制御局708の距離算出部714が、基地局の理論的な電波距離特性（基地局からの距離と電界強度との関係であり、理想的な条件では、距離の2乗に反比例して電波強度が減衰していく）を記憶しており、これに基づき、移動局701より報告された複数基地局705、706、707からの受信電波強度を基に、移動局701と、各基地局705、706、707との理論的な距離を計算する。そして、学習モードにおいては、位置学習処理部712に対して、また、推定モードにおいては、位置推定処理部713に対して、前記距離を出力する（もし前記理論的距離と実際の距離とが一致していれば、幾何学的な計算のみによって、移動局の位置を特定することができるが、実際には反射波やノイズなどの影響により、一致することはほとんどあり得ない。そのため、理論的な距離からの「ずれ」を、位置学習処理部712において学習する必要がある）。

【0121】学習モードにおいては、位置学習処理部712が、距離算出部714から伝えられた移動局701と各基地局との理論的距離と、第1の実施形態と同様に位置入力部711から入力された移動局701の学習用の測定ポイントの位置座標との間の相関関係を、ニューラルネットワークによって学習し、学習結果であるニューラルネットワークの結合荷重を位置推定処理部713に伝え、位置推定処理部713がこれを記憶する。

【0122】推定モードにおいては、位置推定処理部713が、距離算出部714から伝えられた移動局701と各基地局との理論的距離を、位置学習処理部712において学習済みの結合荷重を用いて構築したニューラルネットワークに対して入力し、出力として、移動局701の位置座標を得る。

【0123】そのため、位置学習処理部713における学習に関して、理論的な知識が導入されることになり、第1の実施形態の場合（受信電波強度と位置との相関を学習する）と比べて、ニューラルネットワークによる学習処理が容易になり、学習精度を向上させることが可能になる。

【0124】このように、この実施形態の移動局位置検出方法では、移動局において測定される複数基地局からの受信電波強度から、移動局～各基地局間の理論的距離



を計算し、この理論的距離と、移動局の位置との相関関係を、ニューラルネットワークを用いて学習し、これに基づいて移動局の位置を推定している。こうすることにより、第1の実施形態に比べて高精度な位置推定が可能となる。

【0125】また、これまでに説明した各実施形態は、適宜変更することが可能である。例えば、移動局が、受信電波強度の測定結果を出力する場合に、同一地点で複数回の測定を行ない、それらの測定値を統計的に処理して求めた単一の値を最終的な測定値として出力するようにしても良い。この統計的処理で、測定精度が大幅に向上する。

【0126】また、移動局に2個の周波数シンセサイザを設け、通話中に、その1つを通信用キャリアに同調させているときでも、他の周波数シンセサイザを用いて複数基地局からの電波強度を測定できるようにしても良い。

【0127】また、移動局が、測定間隔計測部の計測する一定時間ごとに、受信電波強度の測定結果を制御局に送り、これを基に、制御局が、移動局の位置を定期的に検出し、管理するシステムとすることもできる。また、同様のシステムを、制御局の電波強度報告要求部から、移動局に対して、定期的に電波強度の報告を求めることによって実現することもできる。これらのシステムでは、制御局の位置蓄積部を移動局の位置管理に活用することができる。

【0128】(第6の実施の形態) 第6の実施形態の位置検出方法では、無線移動局が位置する部屋あるいは地区など、広がりを持った領域を検出する。

【0129】この位置検出方法では、制御局の位置学習処理部において、図9に示すニューラルネットワークを構成する。図9において、1001は入力層、1002は中間層、1003は出力層を示しており、この内、第1の実施形態で用いたニューラルネットワーク(図3)とは、出力層1003の部分が異なっている。

【0130】この実施形態では、移動局の「位置」について、その所在地を示す場所の名称や記号、例えば屋内であれば部屋名称や部屋番号、屋外であれば住所、地番などで表現する。そして、出力層1003のノード数を、位置検出の対象となる領域に含まれる「場所」の数(部屋数や同一住所の地区数など)に一致させ、出力層1003の各ノードが、それぞれの「場所」に1対1で対応するように、ニューラルネットワークを構成する。図9では、出力層1003の各ノードを部屋に対応させる場合を示している。

【0131】各出力層の出力値としては、例えば0～1のように、ある一定の範囲の連続値を出力させたり、0または1のように、ある決まった2値の内のいずれか一方を出力させることができる。この出力の形態は、出力層ノードの入出力関数の選び方に依存し、入出力関数と

してシグモイド関数( $f(x) = 1 / \{1 + \exp(-\alpha x)\}$ ,  $\alpha$ : 定数)などを用いることにより、前者の形式で表現することができ、また、閾関数( $x < \theta$ のとき  $f(x) = 0$ ,  $x \geq \theta$ のとき  $f(x) = 1$   $\theta$ は定数)などを用いることにより、後者の形式で表現することができる。以下の説明では、前者の形式で表現する場合を例に説明する。

【0132】こうして構成したニューラルネットワークを用いて、まず学習モードでは、予め設定された測定地点において移動局が測定した複数基地局の電界強度を、各基地局に対応する入力層の各ノードに入力したとき、その測定地点が属する場所(部屋や地区など)に対応する出力層のノードが1を、その他の出力層ノードが0を出力するように、学習を行なう。

【0133】このとき、一つの場所に関して、その広さに応じて、複数の測定地点を設定してもよいし、比較的狭い場所であれば、1つの測定地点でその場所を代表させてもよい(あるいは、複数設定した測定地点での測定値の平均を学習に用いてもよい)。領域が広い場合には、測定地点がその領域内に万遍なく分布するように複数の地点を設定することが望ましい。このとき、出力層から座標値を出力するニューラルネットワークと違って、測定地点の特定には、それが領域内に位置してさえいれば、それ程の厳密さを必要としない。

【0134】次に、推定モードでは、移動局が任意地点で測定した複数基地局の電波強度を、学習を終了したニューラルネットワークに対して入力すると、出力層1003の各ノードは0～1の間の値を出力する。

【0135】ここで、移動局の位置を1つの場所に特定する場合には、1に最も近い値が出力された一つのノードに対応する「場所」、即ち、部屋や地区を、移動局の位置として検出する。また、場所を特定する必要がなく、何ヶ所かの場所の候補を答えれば十分である場合には、出力値の比較的大きい(1に近い)複数のノードに対応する複数の場所を答えることもできる。さらに、出力値の大きさと、そのノードに対応する場所に実際に移動局が存在する確率(検出結果の信頼性)との間には相関があるため、どの場所にどの程度の確率で存在するか、という存在確率として、位置検出結果を提示することも可能である。

【0136】このように、この実施形態の位置検出方法では、ニューラルネットワークにおける出力層の各ノードを各場所に対応させて持つことにより、移動局の位置検出を、部屋あるいは地区など、ある広がりを持った領域を単位として行なうことができる。

【0137】なお、この位置検出方法は、各実施形態のシステムにおいて実施することができ、また、ここで説明した以外の動作は、各実施形態で述べた動作に準じて行なわれる。

【0138】(第7の実施の形態) 第7の実施形態の無



線移動局の位置検出方法では、移動局が自局内の処理により自分の現在位置を求めることができる。

【0139】この検出方法を実施する無線通信システムは、図10に示すように、移動局901が、移動局の動作を制御する移動局制御部902と、基地局から受信する信号の電波強度を測定する電波強度測定部903と、基地局907との間で信号の送受信を行なう移動局送受信部904と、制御局913から送られた学習済みニューラルネットワークのパラメータを記憶する学習結果記憶部905と、学習結果記憶部905に記憶されたパラメータを用いてニューラルネットワークを構成し、移動局自身の位置を算出する位置算出部906とを備えている。基地局907、911、912及び制御局913の構成は第1の実施形態（図1）と変わりがない。

【0140】このシステムの動作について説明する。

【0141】制御局913の位置学習処理部917は、複数の測定地点において移動局901が測定した複数基地局からの受信電波強度とその測定地点の位置との相関関係について、ニューラルネットワークを用いて学習する。ここまでの処理は第1の実施形態と変わりがない。

【0142】この制御局913の位置学習処理部917で学習の終了したニューラルネットワークを表現するパラメータ、即ち、各ノード間の結合荷重値などが、何らかの方法で移動局901に伝達され、このデータが移動局901の学習結果記憶部905に記憶される。

【0143】学習済みニューラルネットワークを表現するパラメータデータを移動局901に伝送する方法としては、無線通信システムの通信路を利用して、基地局907を介して、このデータを移動局901に無線伝送し、学習結果記憶部905に伝達するオンライン的な方法、あるいは、移動局901がCDROMやフロッピーディスク、ICカードなどの記憶媒体のインターフェースを有する（例えば通信機能つき携帯情報端末や、無線通信モデムを組み入れたノート型パソコン等）場合には、このパラメータデータを記憶媒体に一旦記憶させ、移動局901を用いるユーザにこれを配布し、記憶媒体から移動局901の学習結果記憶部905にこのデータを吸い上げるオフライン的な方法などを採ることができるが、これらの方法だけに限定されるものではない。

【0144】移動局901を携帯するユーザが、自分の位置の検出要求を何らかの入力手段（ボタンによるコマンドなど）を通じて移動局制御部902に指示すると、移動局制御部902は、電波強度測定部903に対して測定可能なすべての基地局に関する受信電波強度の測定を指示し、電波強度測定部903は、指示に従って測定した結果を位置算出部906に伝える。

【0145】位置算出部906は、学習結果記憶部905に記憶されているデータを用いて、自らニューラルネットワークを構成し、このニューラルネットワークに、電波強度測定部903から伝えられた測定結果を入力して、移動

局901自身の位置を求める。

【0146】このように、この実施形態のシステムでは、制御局の位置学習処理部で学習された結果を予め移動局に保持させることによって、移動局を携帯するユーザが自分の位置を知りたい場合に、通信によって制御局にそのつど問い合わせることなく、移動局内部の処理だけで自分の位置を検出することが可能となる。

【0147】（第8の実施の形態）第8の実施形態の位置検出方法では、移動局が発する電波を複数の基地局で測定し、その測定結果に基づいて移動局の位置を検出する。

【0148】この検出方法を実施する無線通信システムは、図11に示すように、移動局1101が、移動局の動作を制御する移動局制御部1102と、信号の送受信を行なう移動局送受信部1103とを備え、基地局1104が、基地局の動作を制御する基地局制御部1105と、移動局1101との間で信号を送受信する基地局送受信部1106と、有線回線を通じて制御局1111との間で信号を送受信する基地局入出力部1107と、移動局から受信する信号の電波強度を測定する電波強度測定部1108とを備えている。制御局1111の構成は第1の実施形態（図1）と変わりがない。

【0149】このシステムの動作について説明する。

【0150】このシステムの学習モードでは、予め設定した地点において移動局1101が電波（着呼応答信号や発呼信号などの上り制御信号）を発し、この電波を基地局1104が受信し、基地局の電波強度測定部1104が電波強度を測定して、測定結果を、基地局入出力部1107を介して、制御局1111に報告する。このとき、他の基地局1109、1110も、移動局1101が発する同じ電波を同様に受信・測定して、制御局1111に報告する。こうした移動局の発する電波強度の測定が予め設定した複数の地点において行なわれる。

【0151】制御局1111では、各基地局から報告された移動局1101に関する電界強度データを通信制御部1113で受けて、位置学習処理部1115に渡す。

【0152】位置学習処理部1115は、これらのデータを一旦蓄積した後、移動局1101の同じ電波に対する各基地局の測定結果を入力層ノードの入力とし、そのときの移動局の位置を出力とするニューラルネットワークを構成し、蓄積されたデータを基に、複数基地局で測定された移動局1101の電波に対する受信電波強度と、その測定時の移動局の位置との相関関係を学習する（予め設定された複数の測定地点に関する位置情報は、第1の実施形態と同様に、位置入力部1114から位置学習処理部1115に入力する。また、基地局での測定結果データとこの位置情報との対応づけに関しても、第1の実施形態と同様の方法で実施する）。

【0153】一方、推定モードでは、任意の地点で移動局1101が発した何らかの電波信号（制御信号）を、基地局1104、1109、1110が受信・測定し、制御局1111にこれ

を報告する。制御局1111は、各基地局から報告された移動局1101の電波に対する電界強度データを通信制御部1113で受けて、位置推定処理部1116に渡す。

【0154】位置推定処理部1116は、これらの電界強度データを一旦集め、位置学習処理部1115によって学習されたニューラルネットワークに、これらの電界強度データを入力し、その出力として、移動局1101の位置を得る。

【0155】このように、この実施形態のシステムでは、移動局が発する電波を複数基地局で測定することにより、移動局の位置を検出することができる。

【0156】自動車電話の無線通信システムでは、移動局の在圏エリア決定時に、移動局が発する電波を複数基地局で測定し、最大の電波強度を示した基地局の無線ゾーンを在圏エリアとして特定するという仕組みが取られているが、この実施形態のシステムは、そうした仕組みを実装している無線通信システムに対して、特に高い親和性を持ち、有効である。

【0157】なお、ここでは、移動局が発した電波に対して複数基地局が測定した受信電波強度をそのままニューラルネットワークに入力するように説明しているが、移動局の送信電波強度のばらつきによる検出誤差を無くすために、各基地局が測定した受信電波強度の比をニューラルネットワークの入力値とするように構成してもよい。

【0158】また、ここでは、説明の便宜上、学習モードと推定モードとで同一の移動局1101を用いているが、実際には、両モードにおける移動局が同一である必要性はない。このことは第1の実施形態と同じである。

【0159】（第9の実施の形態）第9の実施形態の位置検出方法では、移動局の位置として2進表現された座標値を検出する。

【0160】この位置検出方法では、制御局の位置学習処理部において、図12または図13に示すニューラルネットワークを構成する。図12において、1201は入力層、1202は中間層、1203は出力層を示し、また、図13において、1301は入力層、1302は中間層、1303は出力層を示しており、この内、第1の実施形態で用いたニューラルネットワーク（図3）とは、出力層の部分が異なっている。

【0161】この実施形態では、移動局の位置の座標を、例えば「01101101」というように、2進符号で表示する。図12は、例えば細長い地下道のように、位置がX座標だけで表現できる一次元モデルのニューラルネットワークである。この出力層1203は、一次元モデルのX座標を2進表現するのに十分な桁数である $N+1$ のノードを持ち、各ノードは出力値として0または1のいずれか一方を出力する。

【0162】図13は、移動局のX座標及びY座標を2進符号で表わす2次元モデルのニューラルネットワーク

である。この出力層1303は、X、Yそれぞれの座標系を2進表現するのに十分な桁の $(L+1)+(M+1)$ 個のノードを持ち、各ノードは0または1の出力値を出力する。ここでは、図13に示す、2次元モデルのニューラルネットワークについて説明する。

【0163】このニューラルネットワークの学習モードでは、移動局が測定地点で測定した複数基地局の電界強度を、入力層1301の各基地局に対応するノードに入力したとき、出力層の各ノードが、その測定地点のXY座標の2進表現に対応する0または1の値を取るよう学習を行なう。

【0164】なお、出力層の出力値は、第6の実施形態で説明した、シグモイド関数や閾関数などを用いて表現することができる。

【0165】次に、推定モードでは、移動局が任意地点で測定した複数基地局の電波強度を、学習が終了したニューラルネットワークの入力層1301に入力する。このとき、シグモイド関数を用いた場合では、出力層1303の各ノードが0～1の間の値を出力する。この各ノードの出力値に、適当な $\theta$ を定めて、閾関数（ $x < \theta$ のとき $f(x) = 0$ 、 $x \geq \theta$ のとき $f(x) = 1$ ）を施すと、各ノードは0または1の値を出力する。

【0166】このように、この実施形態の位置検出方法では、ニューラルネットワークにおける出力層の各ノードを2進表現した座標値に対応させて持つことにより、出力ノードの数が位置検出の精度に反映され、移動局の位置を高精度に検出することができる。

【0167】なお、この位置検出方法は、各実施形態のシステムにおいて実施することができることは明らかである。

【0168】（第10の実施の形態）第10の実施形態の位置検出方法では、ニューラルネットワークの出力層に測定地点の構造を反映するノードを設けて、無線移動局の位置を検出する。

【0169】この位置検出方法では、制御局の位置学習処理部において、図14に示すニューラルネットワークを構成する。図14において、1401は入力層、1402は中間層、1403は出力層を示しており、この内、第1の実施形態で用いたニューラルネットワーク（図3）とは、出力層1403の部分が異なっている。

【0170】この出力層1403のノード数は、位置検出の対象となる領域に含まれる測定地点の数と一致させており、出力層1403の各ノードは、それぞれの測定地点と1対1で対応させている。このように構成したニューラルネットワークは、測定地点間の構造に基づく受信電波強度の相関を、ノード間の相互結合の形で反映することができる。

【0171】ここで、測定地点間の構造に基づく相関について、矩形の建物のフロアを対象領域とする場合を例に説明する。フロア内は、レイアウトにより幾つかの部

屋に区切られており、机、ロッカーなどの什器や各種設備、機器が配置されている。このようなフロア内に設定された測定地点で基地局からの電波の電界強度を測定する場合には、電波の反射や干渉などが、これらの周囲の環境に大きく影響される。そのため、2つの隣接する測定地点で測定される電界強度であっても、その2つの地点が同じ部屋に属する場合には似通った値となり、その2つの地点が別の部屋に属する場合には異なる値となる。このように、それぞれの測定地点間の相関は、フロアの構造に密接に関係している。

【0172】この実施形態のニューラルネットワークの出力層1403では、こうした測定地点間の関係を、対応するノード間の結合度合で表現し、測定地点の構造を反映した学習を行なう。

【0173】出力層の各出力値としては、第6の実施形態と同様、例えば0～1のように、ある一定の範囲の連続値を出力させたり、0または1のように、ある決まった2値の内のいずれか一方を出力させることができる。ここでは入出力関数としてシグモイド関数を用いる場合を例に説明する。

【0174】学習モードでは、測定地点の構造から、例えば初期値として測定地点間の結合度合いをパラメータで設定しておく。そして、移動局が測定地点で測定した複数基地局の電界強度を、各基地局に対応する入力層1401の各ノードに入力して、その測定地点に対応する出力のノードが1を、その他の出力層ノードが0を出力するように学習を行なう。このとき、例えばバックプロパゲーションや焼きなましなどの方法を使って学習する。このような相互結合ネットワークの構成や学習方法は周知のものであり、ここではその詳細な説明は省略する。

【0175】次に、推定モードでは、移動局が任意地点で測定した複数基地局の電波強度を、学習が終了したニューラルネットワークに入力すると、出力層1403の各ノードが0～1の間の値を出力する。

【0176】ここで、移動局の位置を1つに特定する場合には、1に最も近い値が出力された一つのノードに対応する地点を、移動局の位置として検出する方法がある。

【0177】また、複数の活性化されたノード（出力値が0より大であるノード。0< $\theta$ <1、 $\theta$ は適当な値）を利用する方法では、出力値の大きさと、そのノードに対応する場所に実際に移動局が存在する確率（検出結果の信頼性）との間には相関があるため、例えばその確率に応じて重みを付け、統計的な処理を行なうなどの補間を行なうことにより、移動局の存在位置を絞り込んだり、どの場所にどの程度の確率で存在するか、という存在確率として、位置検出結果を提示することが可能となる。

【0178】このように、この実施形態の位置検出方法では、ニューラルネットワークにおける出力層の各ノ

ードを測定地点に対応させて持ち、領域内の地点の構造を反映させることにより、移動局の位置検出精度を向上させることができる。また、移動局の存在位置の候補である複数の地点に統計的な処理を施すことにより、信頼性の高い位置検出が可能となる。

【0179】なお、この位置検出方法は、各実施形態のシステムにおいて実施することができる。また、ここで説明した以外の動作は、各実施形態で述べた動作に準じて行なわれる。

【0180】（第11の実施の形態）第11の実施形態の無線移動局の位置検出方法では、有線または無線ネットワークを介して接続する位置検出端末から移動局の位置を知ることができる。

【0181】この検出方法を実施する無線通信システムは、図15に示すように、有線または無線ネットワークを介して制御局1531に接続する検出要求端末1511を備えている。この検出要求端末1511は、制御局1531との間で信号の送受信を行なう検出要求端末送受信部1514と、ユーザが位置の問い合わせを行なう位置問合部1513と、検出要求端末1511の動作を制御する検出要求端末制御部1512とを具備している。なお、移動局1501、基地局1521、1522、1523及び制御局1531の構成は第3の実施形態（図5）と変わりがない。

【0182】このシステムでの学習モードにおける動作は、第3の実施形態と同じである。次に、推定モードでの動作を説明する。ここでは、検出要求端末1511のユーザが、他の移動局1501の位置を知りたいという場面を想定することにする。検出要求端末1511は例えばインターネットなどに接続されたパーソナルコンピュータや、通信機能を持つ携帯端末、公衆電話網に接続されている固定電話などが考えられるが、それに限定されない。

【0183】まず、検出要求端末1511のユーザは、位置問合部1513に対して、位置を知りたい移動局の識別番号（電話番号など）を入力し、問い合わせの指示を行なう。

【0184】問い合わせの指示を受けた位置問合部1513は、送受信部1514に対して、問い合わせ要求と対象移動局の識別番号とを、ネットワークを介して制御局1531まで送信するように指示する。

【0185】制御局1531では、通信制御部1533でこれを受け、制御部1532で受信データが解析されて、移動局に対する位置問い合わせ要求であることが判別され、データは電波強度報告要求部1534へと渡される。

【0186】電波強度報告要求部1534では、このデータ、すなわち移動局の識別番号と、これに対する位置問い合わせ要求とを受けると、移動局に対する電波強度報告要求を発行し、通信制御部1533に伝える。移動局の位置登録による移動管理（携帯電話やPHSの規格に規定されている機能）を行なっている通信制御部1533では、移動局1501の一斉呼出エリア（複数基地局の無線ゾ

ーンから成る一斉呼出のためのエリアで、これにより移動局への着信が可能となる)を検索し、移動局1501に対して電波強度報告要求を送信する。

【0187】電波強度報告要求を受信した移動局1501では、電波強度測定部1503が受信可能なすべての基地局からの受信電波強度を測定し、これを適当な基地局を介して、制御局1531に報告する。

【0188】移動局1501からの電波強度報告を受けた制御局1531では、この報告データに基づいて、位置推定処理部1536が移動局1501の位置を求め、その結果を、通信制御部1533により、検出要求端末1511に送信する。こうして、検出要求端末1511は移動局1501の位置を知ることができる。

【0189】なお、いずれの場合でも、移動局や検出要求端末に伝えられた移動局の位置座標データを、どのようにユーザに提示するかについては限定しない。数値としてそのまま表示したり、あるいは地図イメージ上にプロットして表示したり、音声表現に変換して伝える、などの方法があり得る。

【0190】また、簡単のため、制御局の通信制御部が基地局や制御部などと直結している図を用いたが、これらの機能が分散されていて、ネットワークを介して接続されている場合も考えられるが、ここでは特に限定しない。

【0191】

【発明の効果】以上の説明から明かなように、本発明の無線移動局の位置検出方法では、測定ポイントのデータを学習に用いて、移動局の位置を求めている。従って、この方法では、基地局ごとの電界強度地図を予め作成する必要がなく、幾つかの測定ポイントでの移動局の受信電波強度を前以って測定するだけで、移動局の位置の検出が可能となる。また、電界強度の変動などが生じた場合でも、再学習によって速やかに対応することができる。

【0192】また、測定ポイントの位置を予め決めている位置検出方法では、学習する際に必要となる、測定ポイントの位置入力が容易になる。

【0193】また、充電器の位置を測定ポイントとする位置検出方法では、移動局が充電中に受信電波強度測定を行なうことができるため、自動的に学習のための複数基地局に関する受信電波強度が採集できるとともに、充電器の位置が測定ポイントとなるので、測定ポイントの位置入力が容易になる。

【0194】また、移動局から測定ポイントの位置データを入力する位置検出方法では、測定ポイントを予め固定することなく、任意の位置での受信電波強度を、学習用データとして用いることができる。

【0195】また、複数回の測定結果から統計的処理を施した後の値を測定値として出力する位置検出方法では、ノイズなどにより受信電波強度の測定誤差が大きい

場合でも、位置検出精度を高めることができる。

【0196】また、移動局から、自分の現在位置や他の移動局を携帯する人の現在位置を知ることができる。

【0197】また、移動局の位置履歴を記憶する位置検出方法では、この位置履歴を利用して、現在検出された位置の妥当性を判断することで、位置検出の信頼性を向上させることができる。

【0198】また、一定の時間間隔を置いて、移動局が定期的に受信電波強度の測定結果を制御局に報告する位置検出方法では、移動局の位置を定期的に検出し、これを管理するようなシステムを構築することができる。

【0199】また、受信電波強度を理論上の距離に換算して学習を行なう位置検出方法では、ニューラルネットワークでの学習の精度を高めることができ、同時に位置推定の精度も向上させることができる。

【0200】また、移動局の位置座標を2進表現した値で学習する位置検出方法では、ニューラルネットワークでの学習の精度を高めることができ、同時に位置推定の精度も向上させることができる。

【0201】また、出力層として測定地点の構造を反映した相互結合を表現できる構造を持つニューラルネットワークで学習を行なう位置検出方法では、移動局の位置検出精度を向上させることができる。また、移動局の存在位置の候補である複数の地点に統計的な処理を施すことにより、信頼性の高い位置検出が可能となる。

【0202】また、位置検出の結果を、部屋や地区など、ある広さを持った領域で表す位置検出方法は、屋内などで移動局を携帯する人間の居場所管理に適用した場合に、検出結果を数値座標よりも分か易く提示することができる。また、複数の場所を居場所の候補として提示することも可能となり、特定の位置を提示するよりも、信頼性の高い位置検出が可能となる。

【0203】また、学習が済んだニューラルネットワークを移動局内部に保持させる位置検出方法では、移動局の位置を移動局自身で検出処理することができるため、制御局に通信で問い合わせる必要が無く、通信資源を節約することができる。また検出結果を得るまでのレスポンスも速くなる。特に、本発明の位置検出方法を適用する無線通信システムが公衆無線網を利用して構築される場合には、位置検出時の利用者の通信料金を不要にすることができる。

【0204】また、移動局の発する電波を複数基地局で測定し、それを基に移動局の位置を検出する位置検出方法は、自動車電話のように、移動局の発する電波を複数基地局で測定する仕組みを持つ無線通信システムに容易に適用することができ、自動車などの位置を複数基地局の測定結果に基づいて検出することができる。

【0205】また、本発明の移動体無線通信システムは、これらの位置検出方法の実施を可能にする。

【0206】また、学習データ採集器を設けた移動体無

線通信システムでは、定点観測的かつ永続的に学習データの採集を行なうことができ、システムが運用状態である途中でも、学習精度を向上させ、位置検出精度を高めることができる。

【0207】また、制御局に電波強度報告要求手段を設けたシステムでは、制御局から移動局に対して電波強度報告要求を発行することで、移動局に複数基地局からの受信電波強度を測定させ、これを報告させることができ、制御局側での要請に従って、任意の時点における移動局の現在位置を知ることができる。また、他の移動局や、無線または有線のネットワークを介して接続する端末が、この制御局を介して、移動局の現在位置情報を入手することが可能となる。

【0208】また、移動局に複数のセンササイズを設けたシステムでは、通話中においても、学習用及び位置推定用の受信電波強度の測定を行なうことによって、通話中での学習や位置の推定を可能にする。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図2】第1の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムのシステムイメージ、

【図3】第1の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムにおける位置学習処理部で用いられるニューラルネットワークの構成例、

【図4】第2の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムのシステムイメージ、

【図5】第3の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図6】第4の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図7】第5の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図8】従来の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図9】第6の実施形態の位置検出方法におけるニューラルネットワークの構成例、

【図10】第7の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図11】第8の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例、

【図12】第9の実施形態の位置検出方法におけるニューラルネットワークの構成例、

【図13】第9の実施形態の位置検出方法におけるニューラルネットワークの他の構成例、

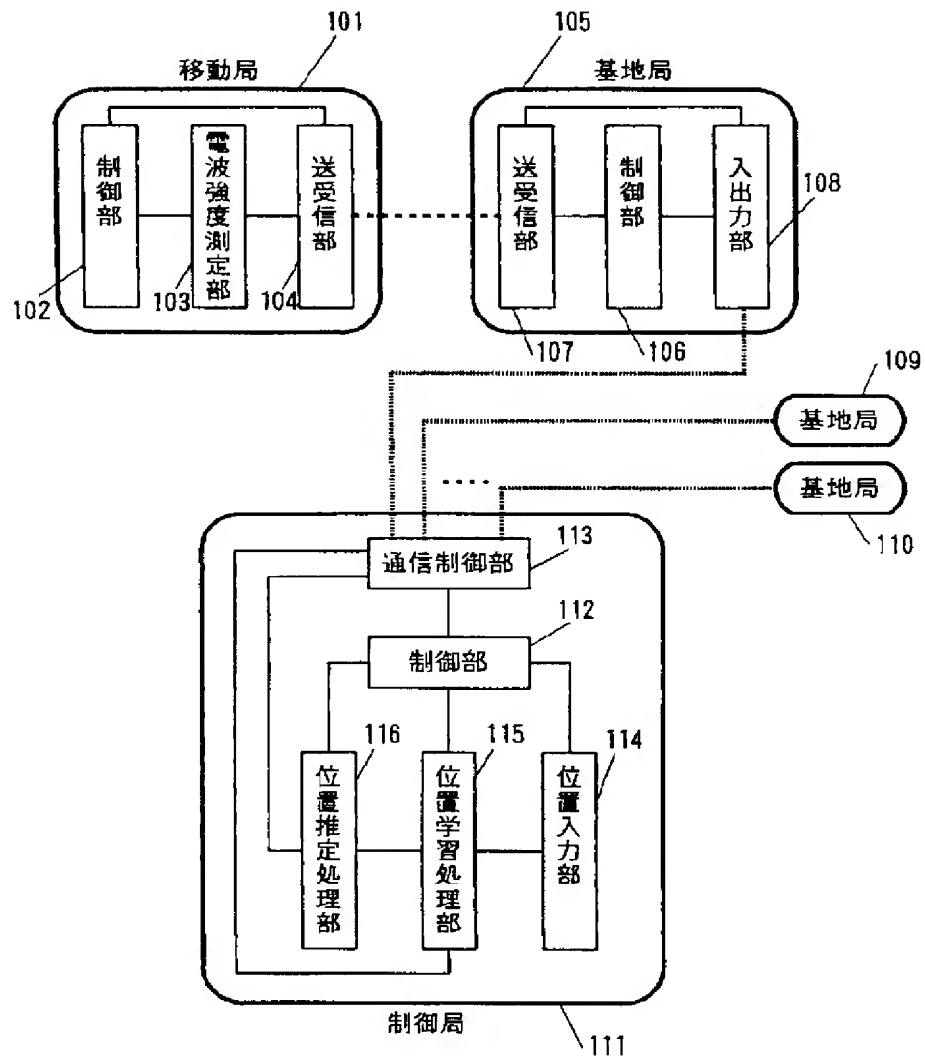
【図14】第10の実施形態の位置検出方法におけるニューラルネットワークの構成例、

【図15】第11の実施形態の位置検出方法を実施する無線通信システムの構成例である。

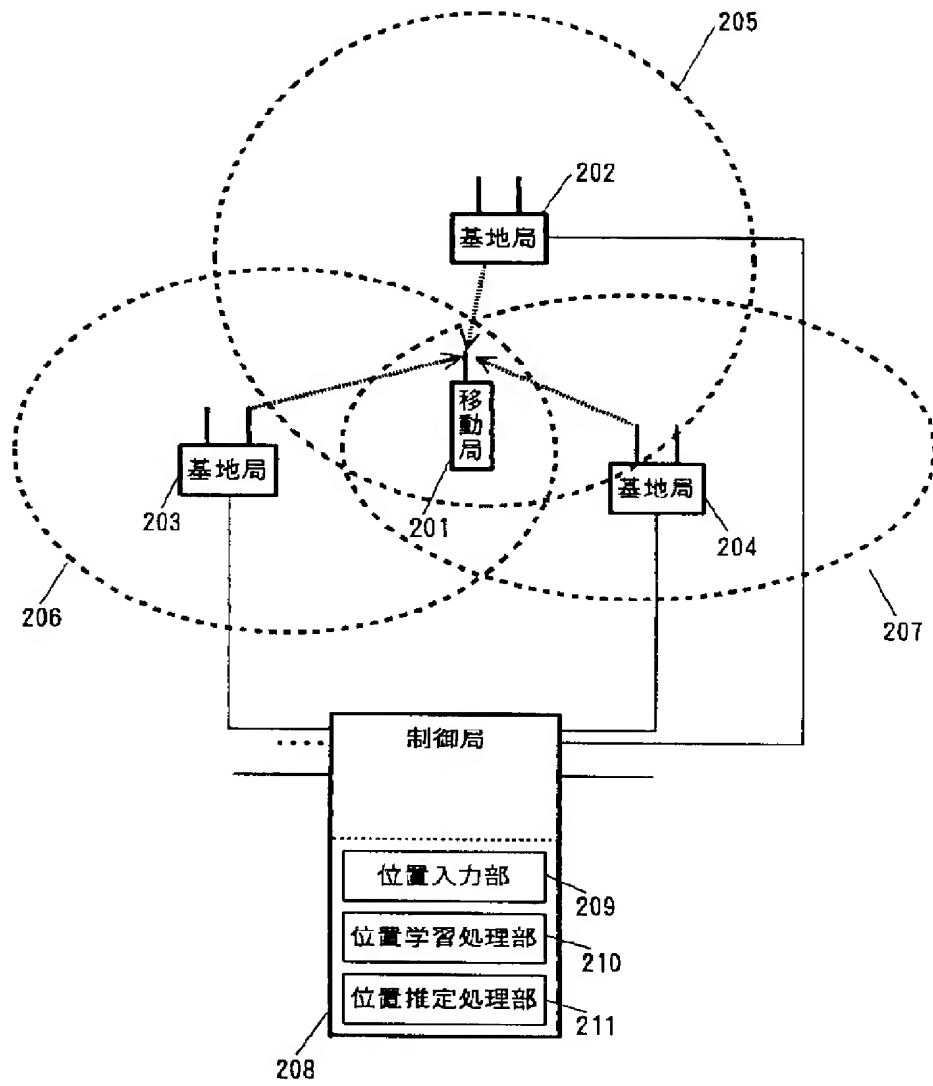
【符号の説明】

101、201、401～403、501、507、601、701、801、901、1101、1501 移動局  
 102、502、508、602、702、902、1102、1502 移動局制御部  
 103、503、509、603、703、903、1108、1503 電波強度測定部  
 104、506、512、604、704、904、1103、1506 移動局送受信部  
 105、109、110、202～204、407～409、513～515、605～607、705～707、802～804、907、911、912、1104、1109、1110、1521～1523 基地局  
 106、908、1105 基地局制御部  
 107、909、1106 基地局送受信部  
 108、910、1107 基地局入出力部  
 111、208、410、516、608、708、913、1111、1531 制御局  
 112、517、609、709、914、1112、1532 制御局制御部  
 113、518、610、710、915、1113、1533 通信制御部  
 114、209、611、711、916、1114 位置入力部  
 115、115、210、412、519、612、712、917、1115、1535 位置学習処理部  
 116、211、413、521、613、713、918、1116、1536 位置推定処理部  
 205～207、805～807 無線ゾーン  
 301、1001、1201、1301、1401 入力層  
 302、1002、1202、1302、1402 中間層  
 303、1003、1203、1303、1403 出力層  
 404～406 充電器  
 413 座標系  
 504、510、1504 位置入力部  
 505、511、1505 位置問合部  
 520、614、1534 電波強度報告要求部  
 615 位置蓄積部  
 616 履歴判定部  
 714 距離算出部  
 808 移動通信制御局  
 809 位置情報センタ  
 810 位置情報送受信装置  
 811 電界強度地図  
 1511 端末  
 1512 端末制御部  
 1513 端末位置問合部  
 1514 端末送受信部

【図1】

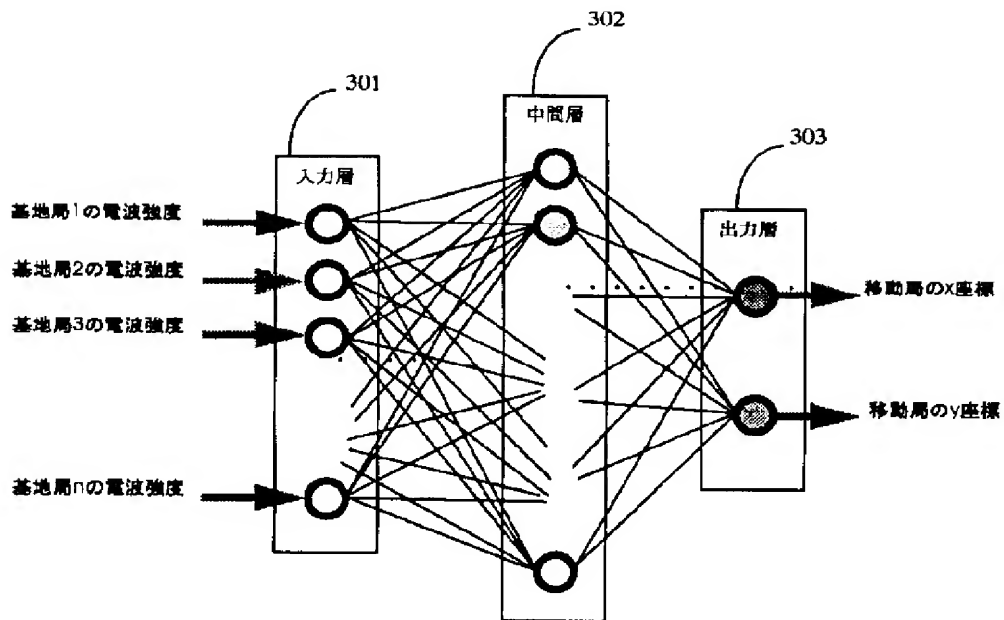


【図2】

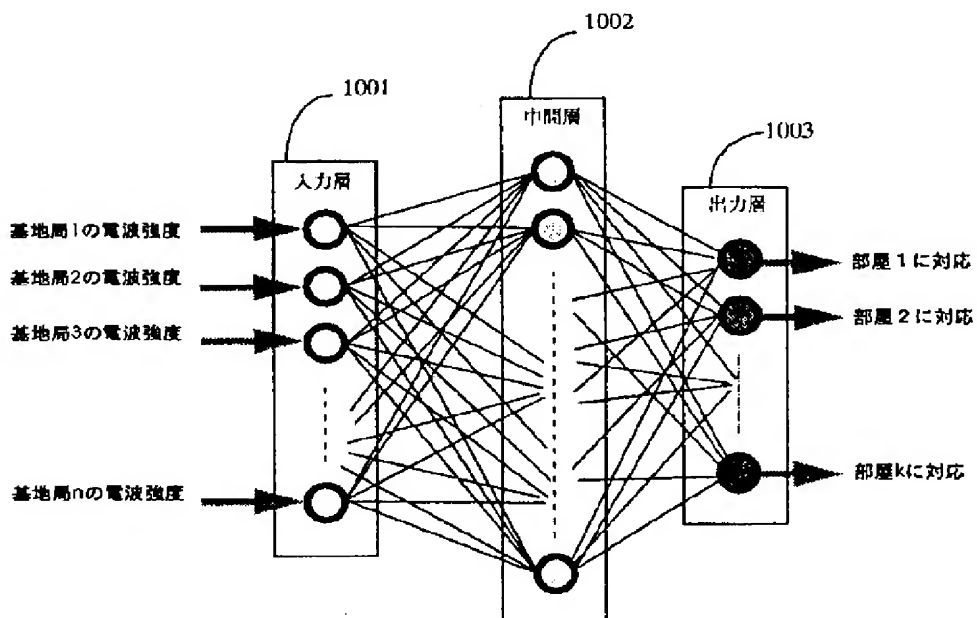




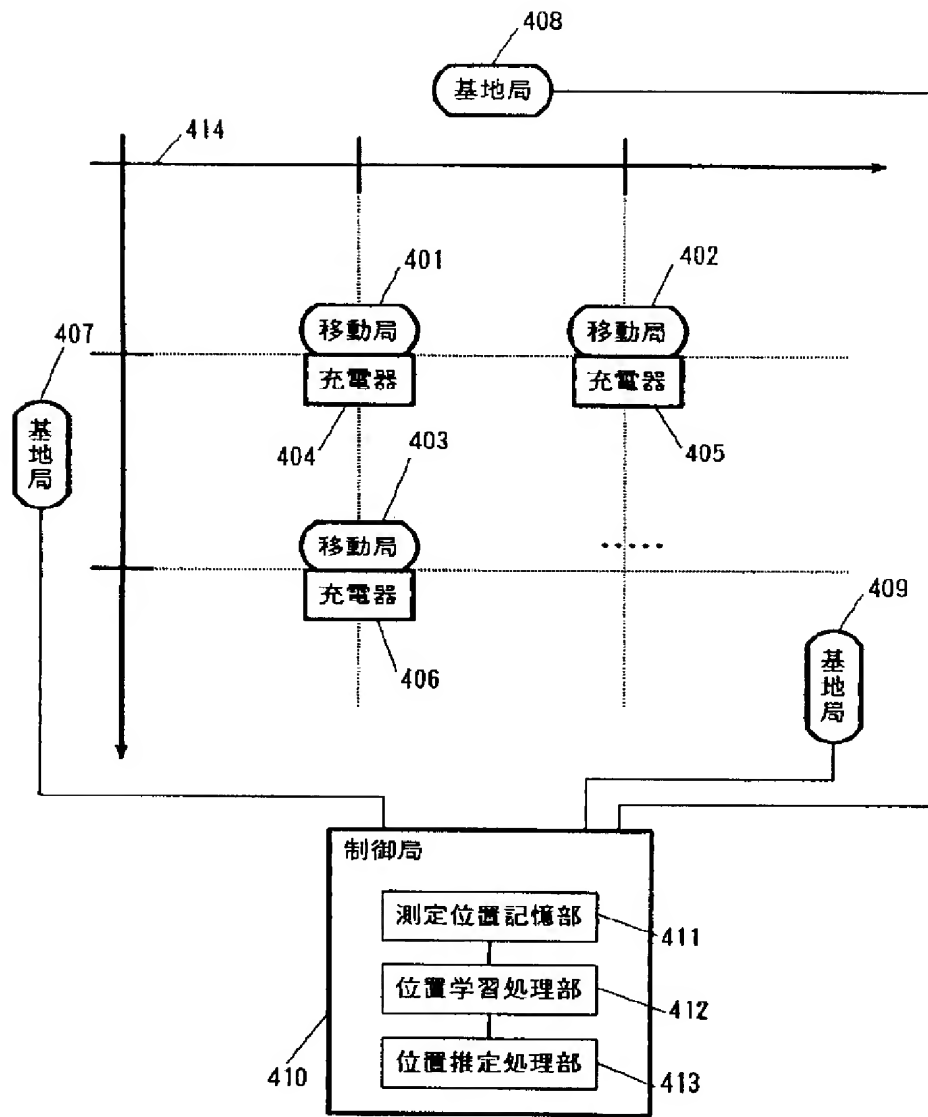
【図3】



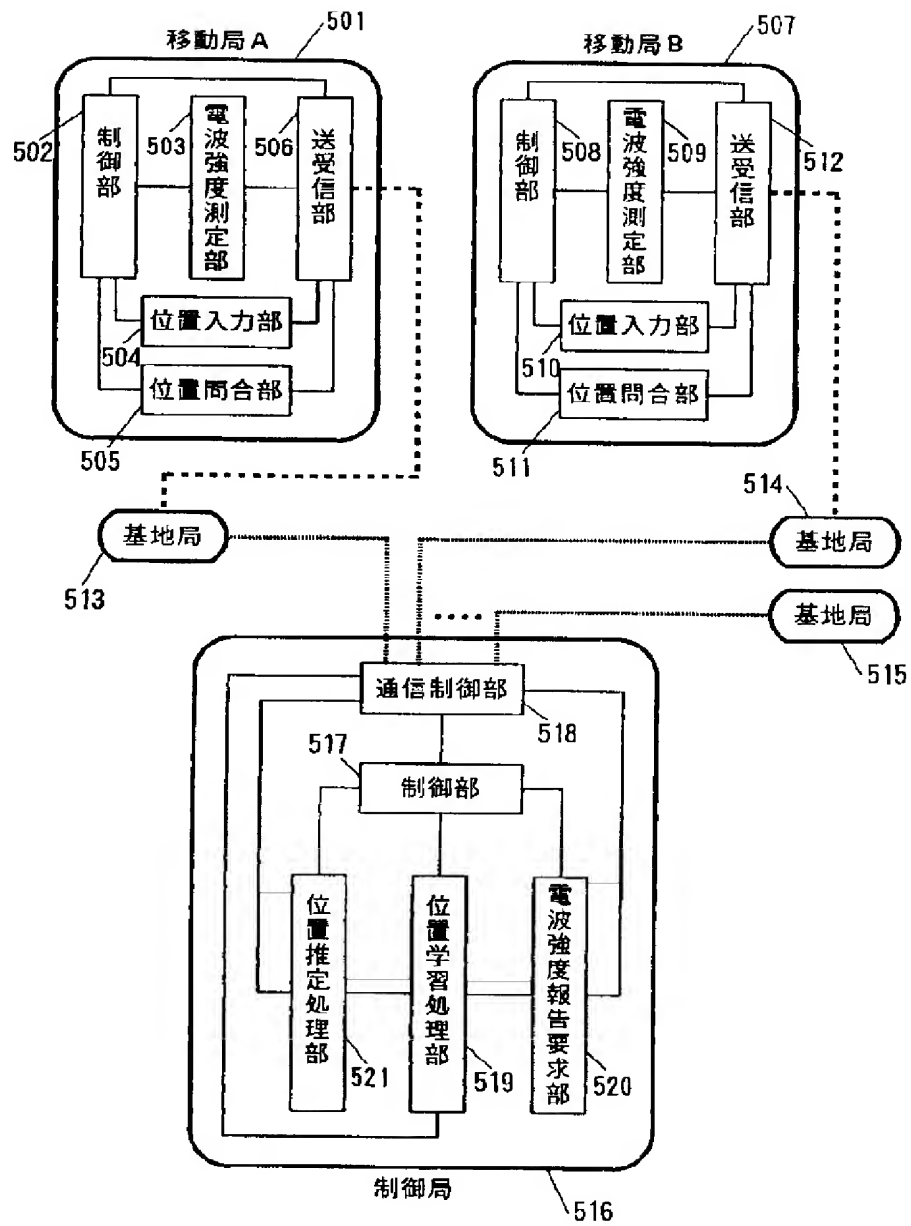
【図9】



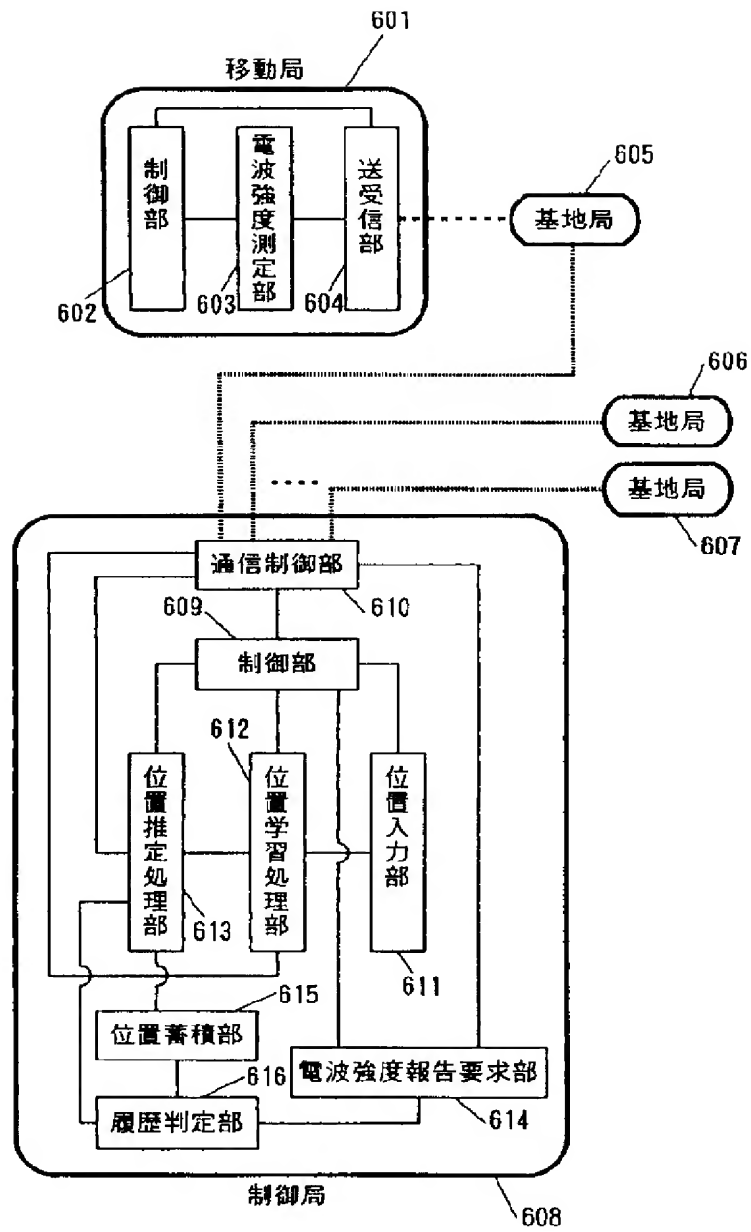
【図4】



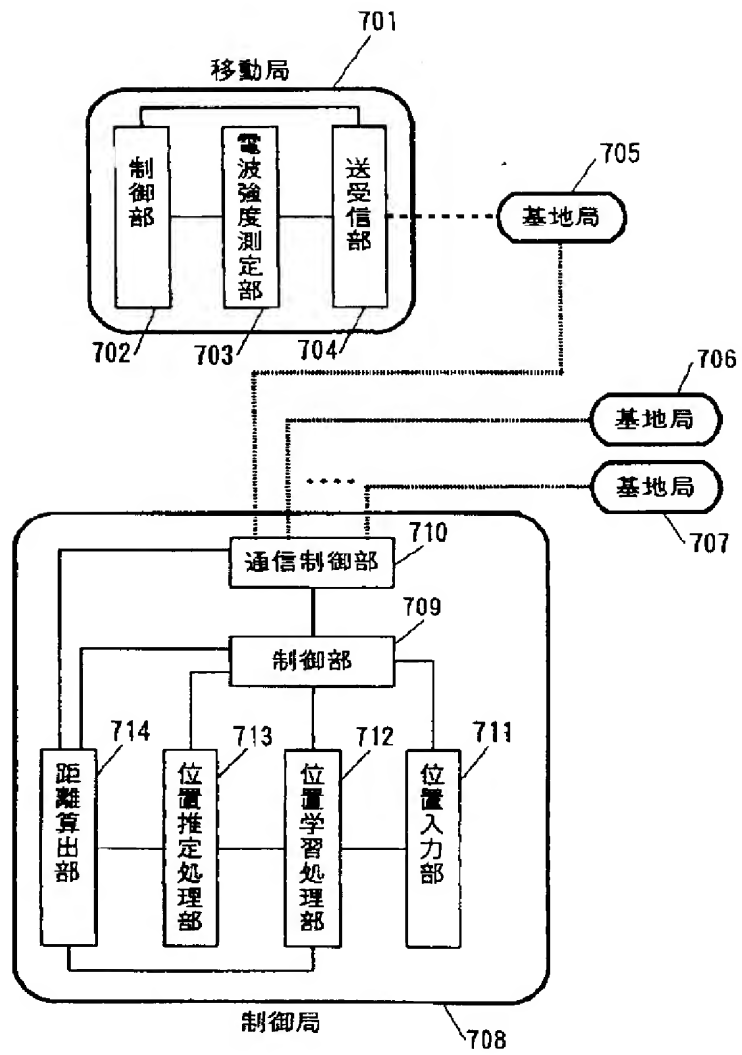
【図5】



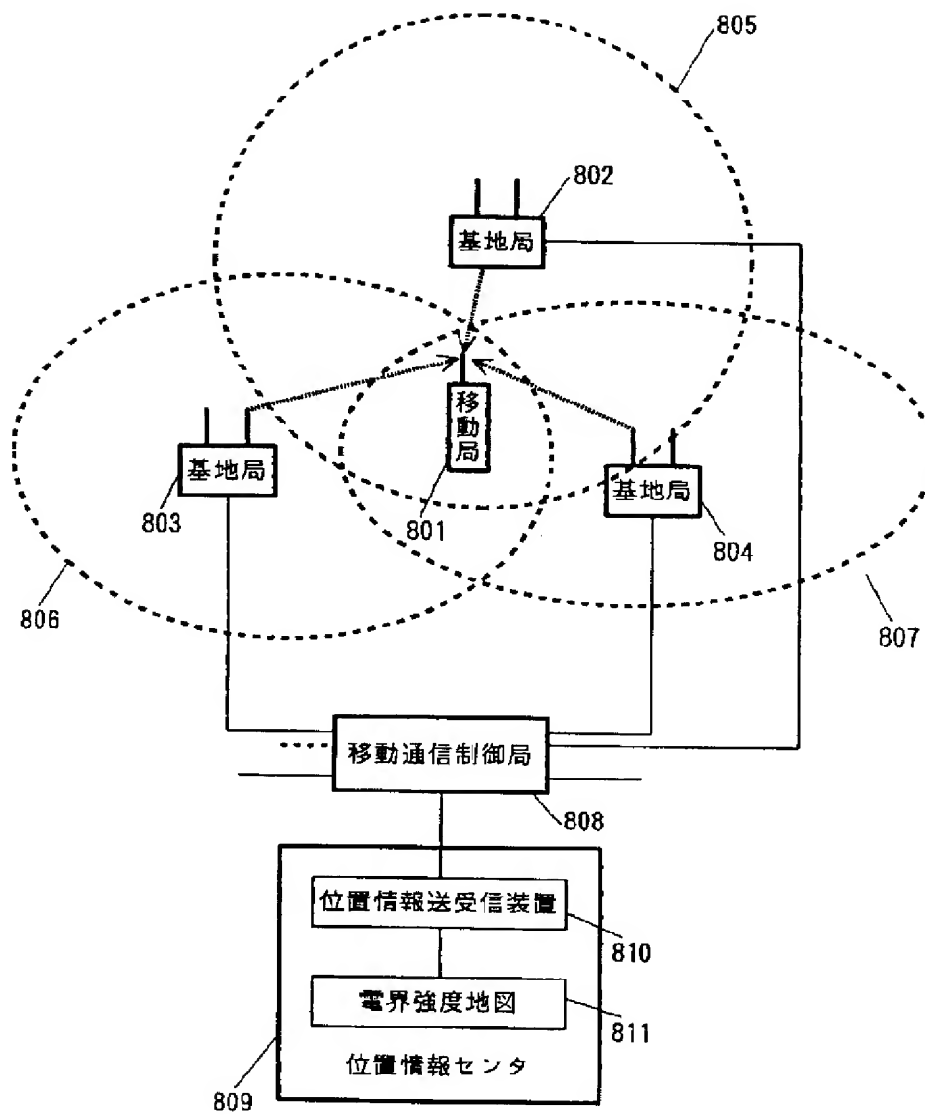
【図6】



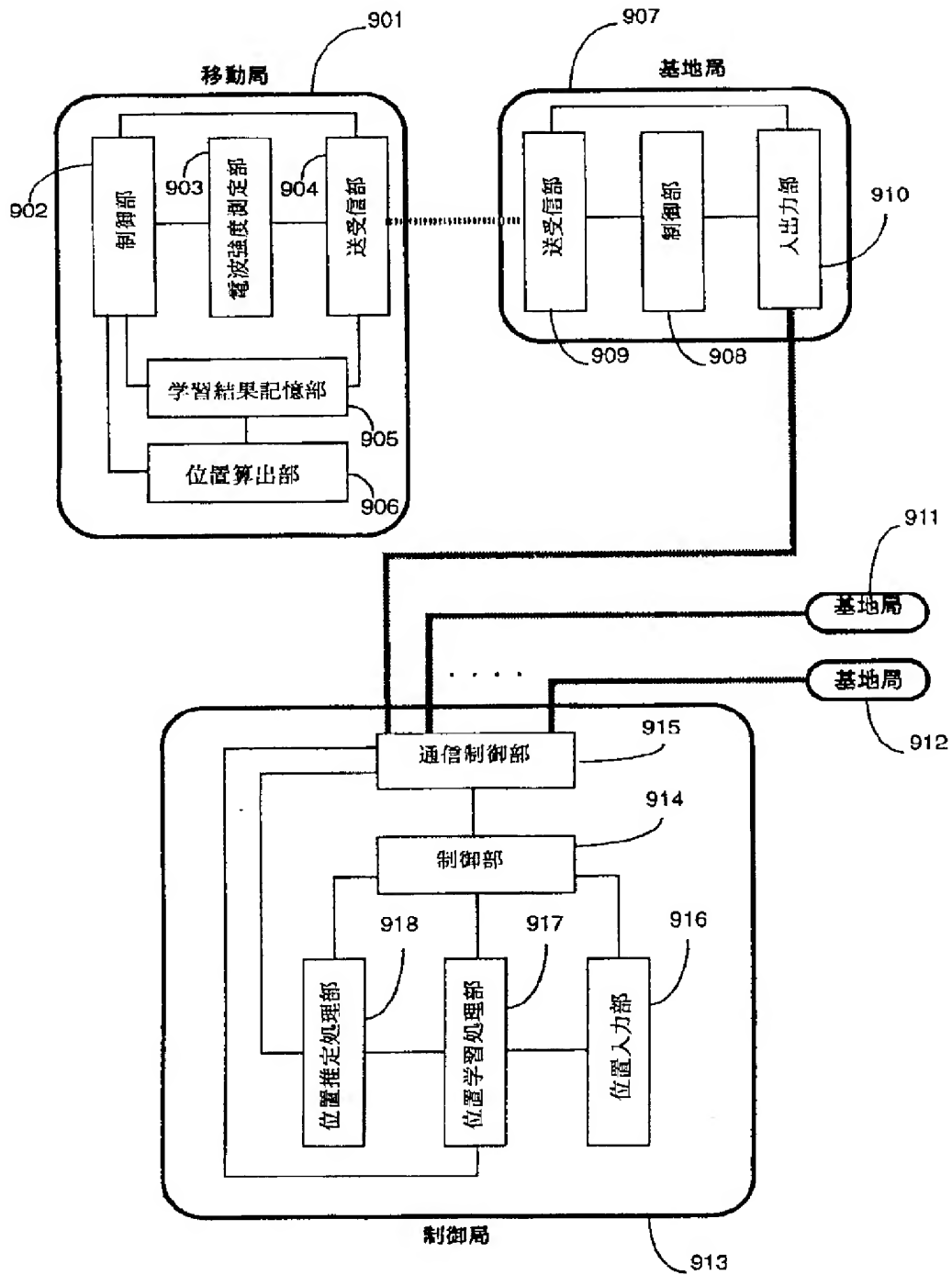
【図7】



【図8】

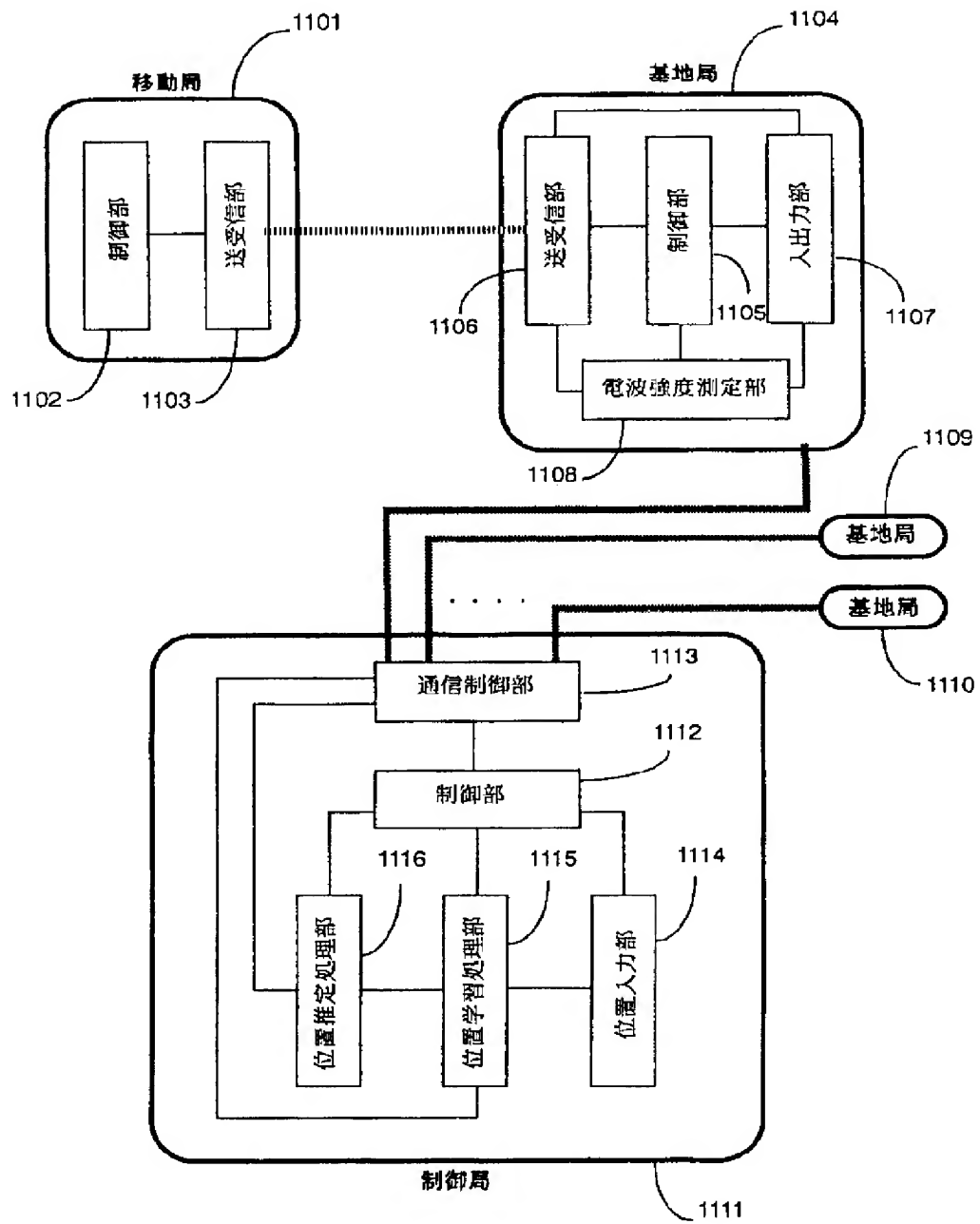


【図10】

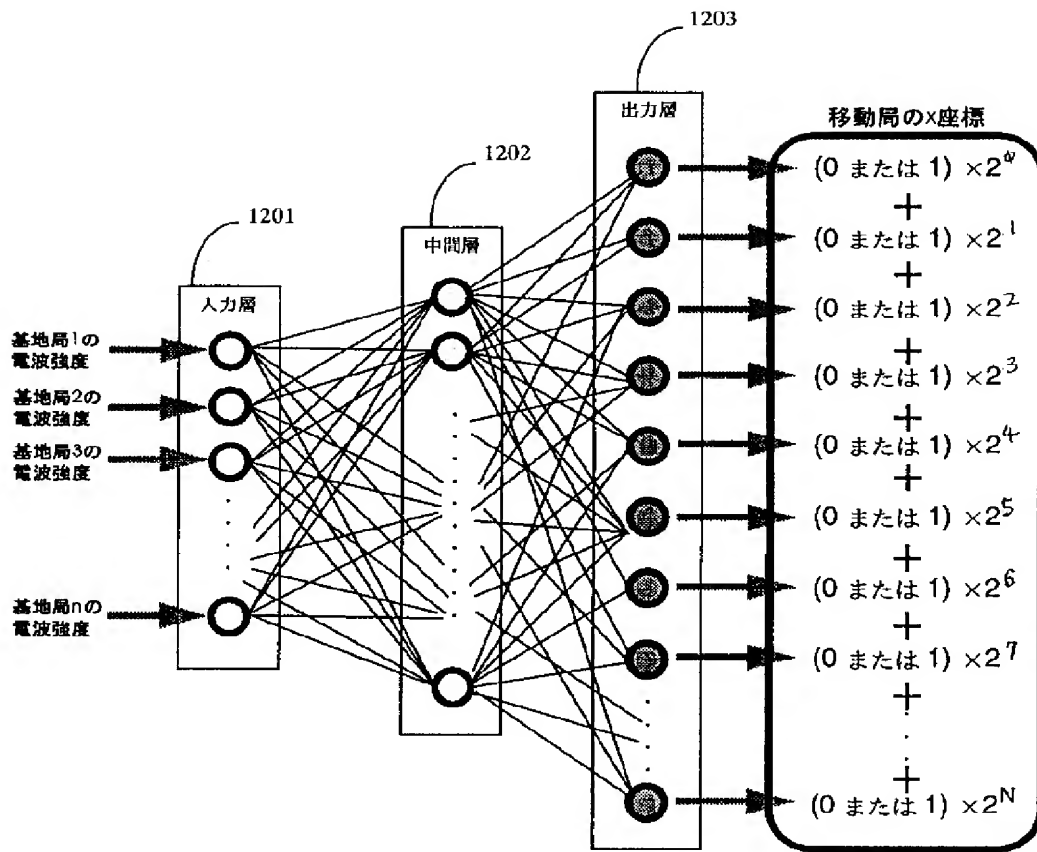




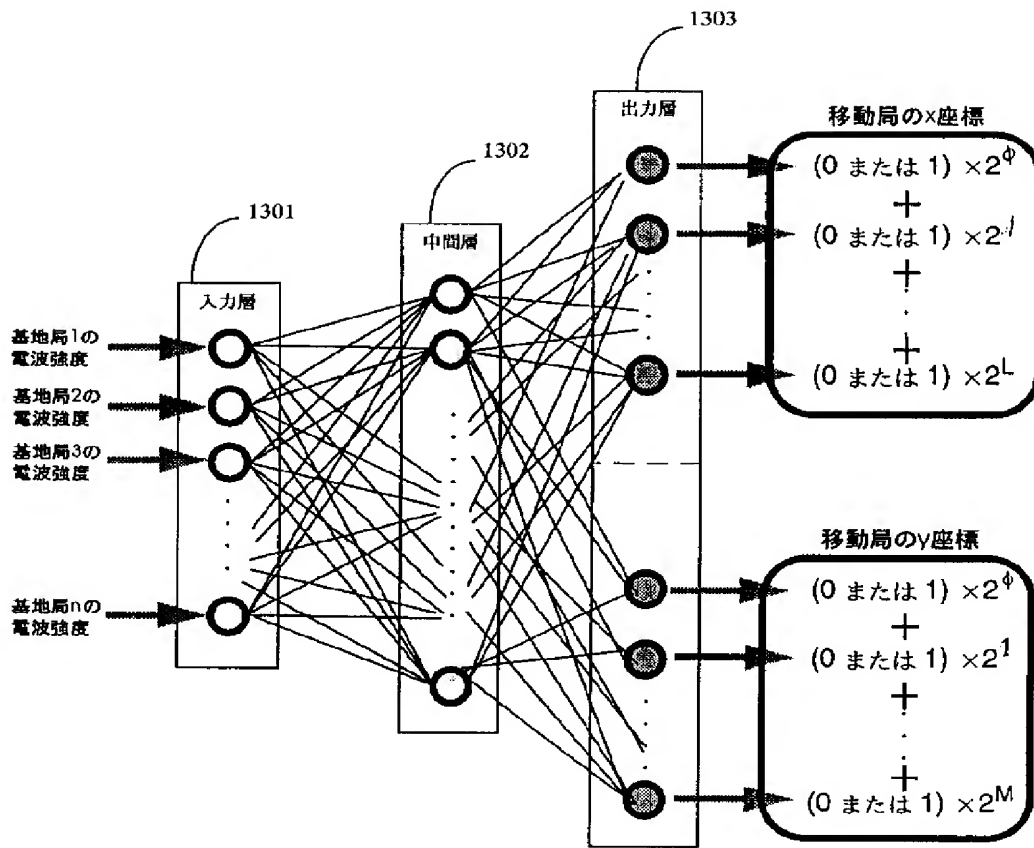
【図11】



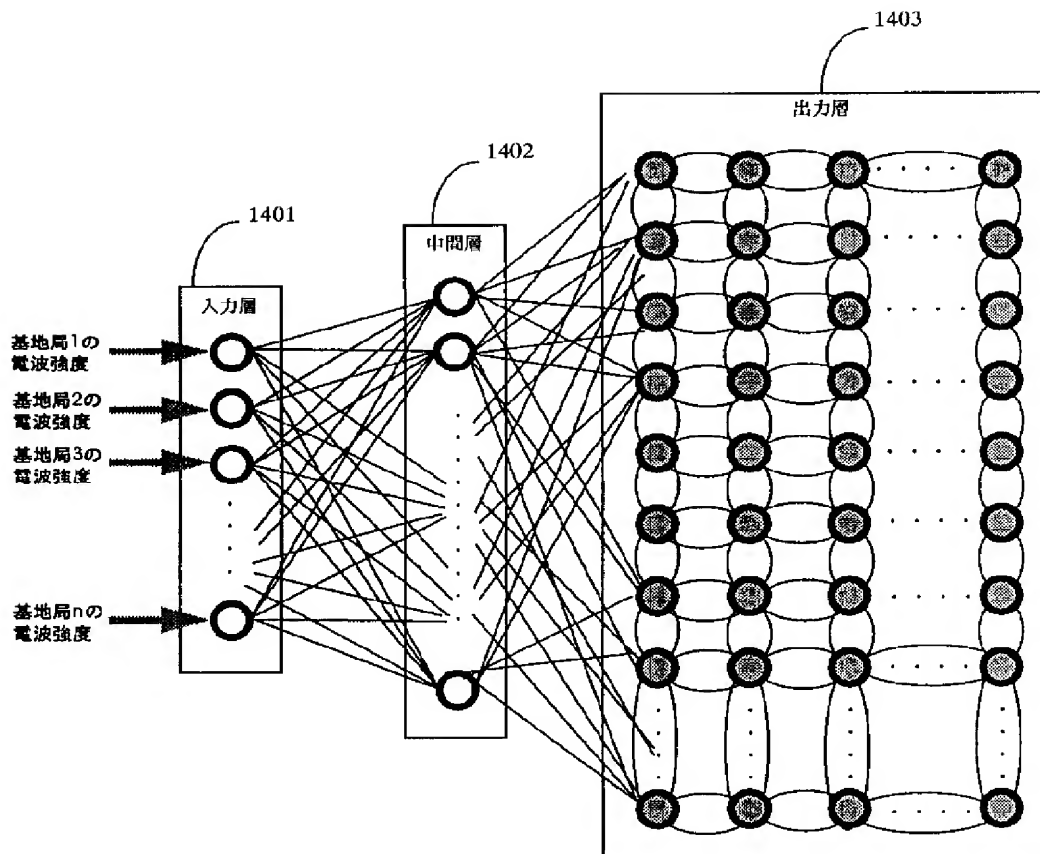
【図12】



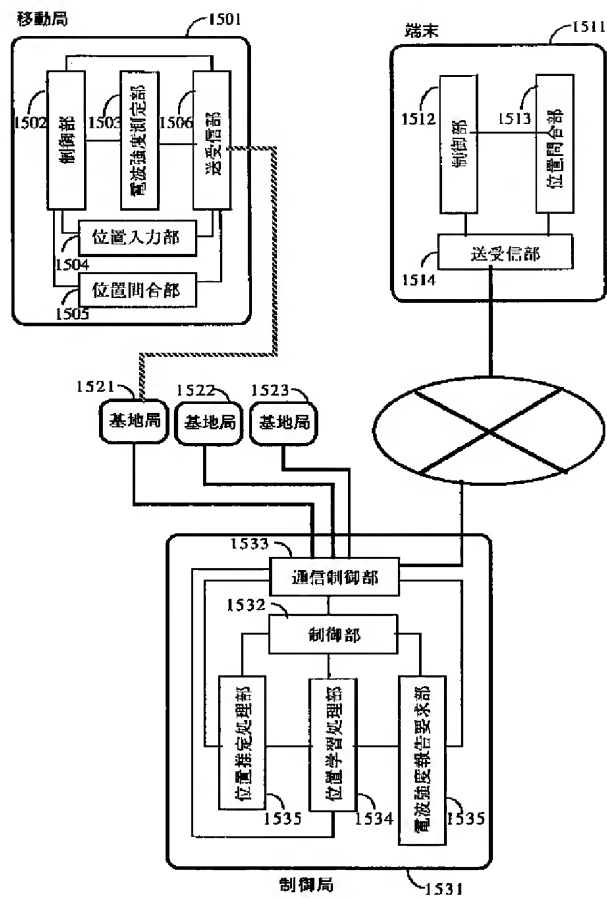
【図13】



【図14】



【図 1 5】



フロントページの続き

(72)発明者 久保 徹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 山口 一晃  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 岡 夏樹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内